Aus der Universitäts-Hautpoliklinik Ziegelstraße, Berlin.
(Leiter: Dozent Dr. S. Bommer.)

Die Methoden der Kapillarfunktionsprüfung

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Walter Marx
Zahnarzt
aus Minden in Westfalen.

Tag der Promotion: 27. Juli 1937.

Buchdruckerei u. Verlagsanstalt Rudolph Pfau, Berlin NW 7, Luisenstr. 21

M 186

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Priv.-Doz. Dr. S. Bommer
Korreferent: Prof. Dr. Frieboes

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Methoden der Kapillarfunktionsprüfung.

Die Kapillaren wurden 1686 von Marcello Malphighi in der durchsichtigen Lunge und dem Gekröse des Frosches entdeckt. Er bewies dadurch die Richtigkeit der Vorstellung vom geschlossenen Blutkreislauf. Der geschlossene Blutkreislauf besteht funktionell betrachtet aus einem, welcher die treibenden Kräfte liefert, aus einem zweiten, welcher als Strombahn dient und aus einem dritten, welcher den Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe vermittelt: Herz, Gefäße und Kapillaren.

Heutzutage wird der Tätigkeit der Kapillaren für Kreislauf und Gewebsernährung eine große Bedeutung beigemessen, die schon daraus hervor geht, daß sich Physiologen, Pathologen und Kliniker gleich lebhaft mit diesem Gebiet beschäftigen, das noch vor wenigen Jahren fast unberührt dalag.

Ueber die Aufgaben der Kapillaren sagt O. Klein: das System der Kapillaren und Venen dient dem Bluttransport im Organismus. Arterien, Arteriolen und Venen haben ferner die Funktion, den Blutdruck und die Blutverteilung zu regulieren. Sie sind somit der hämodynamische Regulationsmechanismus und werden als solche, da sie sozusagen Angelegenheit des Gesamtorganismus sind, in ihrer Funktion vom nervösen Zentralorgan aus beherrscht. Demgegenüber haben die Kapillaren die Aufgabe, den Blutkreislauf zu den einzelnen Gewebspartien je nach Bedarf der einzelnen Zellgruppen zu regulieren, ferner sind sie Organe, die die Funktion des Stoffaustausches, und zwar des Austausches von Flüssigkeit, gelösten Stoffen und Gasen zu versehen haben. Die Regulation findet dabei im Gegensatz zum Arterien-Venensystem weniger durch Vermittlung des Nervensystems als vielmehr auf humoralem Wege statt, indem die einzelnen Gewebe selbst durch ihren Stoffwechsel bezw. durch die dabei auftretenden Produkte auf den Tonus der Kapillaren einwirken und auf diese Weise sozusagen die Gewebe selbst durch ihren Stoffwechsel die Durchblutung der in ihrem Bereich gelegenen Kapillaren nach ihrem jeweiligen Bedarf regulieren.

Auf Grund experimenteller Ergebnisse und klinischer Beobachtungen von Krogh am Menschen müssen die Kapillaren als ein vom übrigen Kreislauf bis zu einem gewissen Grade unabhängiges in bezug auf Tonus autonomes Organsystem angesehen werden. Die Aufgabe des Stoffwechsels wird dadurch erleichtert, daß die Kapillaren durch ihre große Anzahl eine ungeheure Oberfläche darbieten. Um sich von der Anzahl der Kapillaren eine Vorstellung zu machen, betrachtete Krogh die Verhältnisse eines quergestreiften Muskels. Injiziert man das Gefäßsystem z. B. mit Tuschegelatine, so sieht man auf rechtwinklig zu den Fasern geführten Querschnitten eines Muskels die Kapillaren als schwarze Pünktchen zwischen den größeren Scheiben der Muskelfasern. Diese Anzahl Pünktchen beträgt beim Menschen rund 2000 pro qmm. Eine gewöhnliche Stecknadel zeigt einen Querschnitt von etwa ½ qmm und konnte somit etwa 1000 Kapillaren zwischen etwa 2000 Muskelfasern enthalten! Der Stoffaustausch findet durch Diffusion durch die Kapillarendothelien statt. Der Stoffwechsel steigt bei Arbeit an und kann das 20fache des Ruhewertes erreichen. Ueberlegungen führten zu der Hypothese, nach welcher während der Ruhe nur wenige Kapillaren offen, die übrigen aber verschlossen sind und daß plötzlich, sobald die Muskel in Tätigkeit sind, hunderte von Kapillaren auftreten, von denen man vorher nichts gesehen hatte. Krogh war der erste, der diese Tatsache der Kapillarvermehrung am tätigen Organ erkannte. E. Martin machte hier mikroskopische Messungen an Querschnitten von fixierten Hundemuskeln, deren Gefäße im lebenden Tier durch einen Tuschezusatz zum Blut injiziert worden waren. Die Ergebnisse stimmten im Verhältnis mit Krogh überein. Im ruhenden Muskel kommen 0,64 offene, d. h. für Tusche durchlässige Kapillaren auf eine Muskelfaser. Im tätigen Muskel sind etwa doppelt soviel Kapillaren offen wie im ruhenden. Hierdurch vergrößert sich die Kontaktfläche zwischen Blut und Gewebe erheblich.

Die moderne Kapillarforschung entwickelt sich nach drei Richtungen, der anatomischen, der physiologisch-funktionellen und der morphologisch bzw. morpho-genetischen Betrachtungsweise.

Anatomisch sind Kapillaren jene feinsten peripheren Gefäße, die begrenzt werden von einem aus einer Schicht polygonaler Zellen bestehenden Endothelrohr und darüber liegenden faßreifenförmig angeordneten Zellen mit Protoplasmafortsätzen. Zimmermann

hat diese Zellen Pericyten genannt und fand sie an den Kapillaren aller Wirbeltierklassen.

Seit Otfried Müllers Werk „die Kapillaren der menschlichen Körperoberfläche in gesunden und kranken Tagen" gewann die Kapillarmikroskopie für die praktische Medizin und Klinik Interesse. Sie ist eine klinisch diagnostische Untersuchungsmethode geworden, die für die Diagnosestellung in der Klinik eine gewisse Bedeutung erlangt hat . Allerdings ist die kapillarmikroskopische Untersuchung in ihrer Bedeutung für die klinische Diagnostik eine Zeitlang überschätzt worden, da man geneigt war, daraus klinische Diagnosen zu stellen. Heute muß man sagen, daß es vollkommen verfehlt ist, aus dem mikroskopischen Bilde allein diagnostische Schlüsse zu ziehen (O. Klein). Man hat erfahren, daß es keine für eine einzelne Krankheit absolut typische Kapillarbilder gibt, daß die Entstehungsweise pathologischer Kapillarformen auf sehr differenten Einflüssen beruhen. Otfried Müller sagt selbst, solange man noch in dem Irrwahn lebt, kann man an einem Finger eine Nephritis, am andern eine Diabetes, am dritten eine Purpura, am vierten einen Basedow bei ein und derselben Person diagnostizieren. Deshalb ging die Tübinger Schule schnell dazu über, außer den Nagelrändern mehreren Fingern beider Seiten, auch anderen Stellen des Körpers ihre Beachtung schenken. Denn bei der Deutung der Kapillarbilder ist stets zu berücksichtigen, daß die normale Variationsbreite der Kapillaren beim gesunden sehr groß ist, daß durch verschiedene konstitutionelle Eigenart sehr große Abweichungen der Kapillarformen vom Durchschnitt bedingt sind, ohne derartige Abweichungen als pathologisch zu bewerten und es bedarf der größten Kritik, wenn aus geringfügigen Unterschieden im morphologischen Bilde der Kapillaren, also in Zahl, Gruppierung, Richtung und besonderen Formen, irgendwelche Schlußfolgerungen gezogen werden.

Während die Tübinger Schule eine mehr morphologisch-funktionelle Auffassung vertritt, legten W. Jaensch und seine Mitarbeiter ihren Kapillaruntersuchungen die von ihnen nach rein morphogenetischen Gesichtspunkten aufgestellte Strukturdiagnose zu Grunde. Sie fanden, daß die Kapillarentwicklung, ihre Hemmung oder Abwegigkeit als ein überaus feiner Indikator für den Reifezustand und die normale Entwicklung eines Individuums, ganz besonders innerhalb der ersten Lebensabschnitte gilt und erbringen den Nachweis, daß die Kapillaren am Nagelfalz eine bestimmte Ent-

wicklung durchmachen, die normalerweise mit dem 6. Lebensmonat abgeschlossen zu sein pflegt. Diese Entwicklung vollzieht sich von dem anfangs allein vorhandenen Primitivnetz über die Intermediärformen bis zu den endlich allein überbleibenden Neoformen. Das Erhaltenbleiben früherer Entwicklungsstufen angehörender Typen jenseits des 1. Lebensjahres stellt nach Jaensch eine Entwicklungshemmung dar, der mehr oder weniger eine Störung des Gesamtorganismus entsprechen soll.

Mit diesen verschiedenen morphologischen Untersuchungen ist über die funktionelle Leistungsfähigkeit der Gefäße noch kein zureichendes Urteil gegeben. Um dies zu gewinnen, waren besondere Methoden, welche die Kapillarfunktionsprüfung zum Gegenstand haben, notwendig. Unter ihnen kann man folgende unterscheiden:

1. Methoden zur Messung des Kapillardruckes.
2. Methoden zum Nachweis der Kapillarkontraktion und -dilatation.
   a) Aktive Kontraktion durch Pericyten.
   b) Wirkung mechanischer, galvanischer und faradischer Reize auf die Kapillaren.
   c) Temperaturreize.
   d) Chemische Reize.
3. Methoden zur Messung der Kapillarresistenz und Kapillardurchlässigkeit.

1. Der Kapillardruck.

Bei den Kapillardruckmessungen sind drei verschiedene Methoden zu unterscheiden, zwei indirekte und eine direkte. Die ersten beiden sind unblutig und zwar gilt:

1. als Kapillardruck der Druck, der notwendig ist, um ein Erbleichen der Haut hervorzurufen,

2. der Kapillardruck, der notwendig ist, wenn die in einem Mikroskop sichtbaren Kapillaren komprimiert sind,

3. die direkte, blutige Methode, die in direkter Punktion einer Kapillare besteht.

a) Die unblutigen Methoden.

Die indirekten Methoden gehen von v. Kries 1875 aus, der als Kapillardruck den Druck annahm, der notwendig war, ein Erbleichen der Haut herbeizuführen. Von Kries benutzte eine Glasplatte mit dazugehöriger Vorrichtung für Belastung mit verschiedenen Ge-

wichten. Viele weitere Methoden, wie von Ludwig, Nathanson, v. Recklinghausen, Basler, Krauß u. a. gehen im Prinzip auf dasselbe Verfahren zurück. Diese Art der Technik wurde infolge ihrer mangelhaften Genauigkeit im Laufe der Zeit nicht mehr benutzt.

Die neueren besseren Methoden gehen von einem Grundgedanken von Royn und Brown aus, die die sichtbaren Kapillaren in der Schwimmhaut des Frosches komprimierten und unter dem Mikroskop betrachteten. Der Druck wurde entweder auf starrem oder elastischem Wege ausgeübt, d. h. entweder durch Glasplatten oder aber mit elastischen Membranen (Goldschlägerhaut) überzogene Kompressorien. Lombard, Krauß, Kylin, Liebeney, Rajka und Wessely, Salvioli, Strax und de Graff u. a. bedienten sich dieser Methoden.

Neuerdings nahm Guillaume diese Methode wieder auf, bestimmt aber mit einem gradsichtigen Okularspektroskop, das im Kapillarroskop angebracht wird, bei welchem Druck die beiden Adsorptionsstreifen des Oxyhämoglobins völlig verschwinden.

Die größte Anwendung und Verbreitung fand der Apparat Kylins. Diese Apparatur besteht aus einer luftdicht geschlossenen Zelle, der Kapillardruckkammer, deren Dach aus einer Glasplatte besteht und deren Boden mit Goldschlägerhaut, einer lichtdurchlässsigen Membran überzogen ist, und mit einem Gebläse, sowie einem Wassermanometer in Verbindung steht. Die Technik besteht darin, daß die Kapsel auf die zu untersuchende Hautstelle gelegt wird und soviel Luft in die Kammer gepumpt wird, bis die Kapillaren aus dem Gesichtsfelde des Mikroskops eben verschwinden. Das Manometer gibt den Druck in cm Wasser an. Ariola arbeitete mit demselben Prinzip, — pneumatischer Druck auf die Fingerkuppe bis zum Verschwinden der Durchblutung — doch weist seine Apparatur einige Verbesserungen auf.

Rajka-Wessely-Török benutzten ein Kapillarmikroskop, an dessen Objektiv mittels leichten Metallbügels eine Glaslinse zur Kompression aufgeschraubt wird. Die Größe des Druckes wird an einer Präzisionswage abgelesen, die mit Zahnbetrieb an dem Stativ des Mikroskops angebracht ist. Sie kann so langarmig montiert werden, daß es möglich ist, an jede Hautstelle heranzukommen. Der Tubus des Kapillarmikroskops (100 mal vergr.) ist als leichte Blechhülse, in die Okular und Objektiv eingefügt werden können, am Ende der Wage wagerecht angebracht. Bei ihren Unter-

suchungen wurde ein deutlicher Einfluß der Jahreszeit auf den Kapillardruck festgestellt. Der Grund hierfür soll nicht allein in der Temperatur liegen, da Temperaturverhältnisse ein anderes Bild ergeben. Die Verfasser denken dabei an einen Einfluß der Insolation und führten daher Druckmessungen nach Ultraviolettbestrahlung aus. Die Wirkung war druckherabsetzend.

Salvioli konstruierte ein Instrument, das erlaubt, den Druck und den Widerstand nicht nur an dem am leichtesten zugänglichen Beobachtungsgebiet, dem Finger und Ohr, sondern an jeder anderen Region abzuschätzen. Mit seinem „Tonopsatyroskop" ist ihm dies gelungen.

Eine andere unblutige Methode stammt von Arnold, Schweiz. Er versucht, 1. „den Sperrdruck in den Kapillaren zu bestimmen, jenen Außendruck, bei dem kein Blut mehr durch das sogenannte Schaltstück hindurchgeht und ferner den Minimaldruck d. h. diejenige Druckgröße, bei der man eben eine Abdrosselung der Zirkulation feststellen kann und 2. das Volumen der in den Kapillarschlingen enthaltenen Blutmenge und 3. daraus auf rechnerischem Wege die Bestimmung der Geschwindigkeit des Blutstromes in den Kapillaren. Wohl eine der neuesten Methoden stammt von Baumberger, Perry und Bardwell. Ihr Apparat besteht aus einem einarmigen Hebel, dessen freies Ende eine kleine Glaskugel trägt. Durch ein am Hebelarm verschiebbares Gewicht kann die Glaskugel unter verschiedenem Druck an die Haut angepreßt werden. Es wird jener Druck aufgesucht, bei welchem die Glaskugel beim Drübergleiten über die Haut noch keine Abweichung hinterläßt. Es wird nach der Formel gerechnet:

$$\frac{Wl' + \text{Gewicht des Hebelarmes}}{1} = P$$

wobei W das verschiebbare Gewicht, 1' die Entfernung des Gewichts vom Drehpunkt und 1 die Gesamtlänge des Hebelarms ist. Sodann wird die Größe der Hautdeformation durch die Messung der berührenden Kugeloberfläche bestimmt. Zu diesem Zweck wird die Kugel unter gleichem Druck auf eine mit abfärbender Farbe versehene Hautstelle aufgesetzt und die sich auf der Kugel abzeichnende Berührungsfläche durch Messung ihres Durchmessers bezeichnet. Der Kapillardruck läßt sich nunmehr nach der Formel finden:

$$\frac{P \text{ in mg}}{\text{Berührungsfläche in qmm} \times 0{,}0136} = \text{mm Hg.}$$

b) Die blutigen Methoden.

Diese Methodik besteht darin, unmittelbar in das Gefäß eine Kanüle einzuführen, die mit einem Manometer in Verbindung steht. Anfangs maßen Basler und E. Weiß den Druck, mit welchem das Blut aus einer oberflächlichen Hautwunde hervorsickerte. Sie konnten aber nicht entscheiden, welche Gefäße mit dem noch so kleinen Stich verletzt worden waren. Die erste Sondierung gelang Carrier und Rehberg im Kroghschen Institut in Kopenhagen. Sie bestimmten nach Sondierung den Druck, mit welchem die Kapillarströmung die Wassersäule eines entsprechend hochgestellten Manometers eben im Gleichgewicht hält.

Del Baere schiebt nach Hautschnitt ein feines mit Ringerlösung gefülltes Kollodiumröhrchen unter die Haut; in das offene, außerhalb der Haut bleibende Ende des Röhrchens paßt eine Glaskapillare, welche mit einem Manometer verbunden ist. Im weiteren seiner Abhandlung beweist er, daß der Quellungsdruck des Gewebes dem kolloidosmotischen Druck des Blutes gleich ist. Wie bei der kolloidosmotischen Druckmessung im Serum, bestimmte er nun mit dem Manometer den Druck, bei dem das Flüssigkeitsniveau in der Glaskapillare weder fällt noch steigt. Aus dem Werte der kolloidosmotischen Druckes im Blute und des Gewebsquellungsdruckes wird dann der mittlere hydrostatische Kapillardruck berechnet.

Als ein wesentlicher Fortschritt ist die von Landis eingeführte Messung des in den Kapillaren herrschenden Druckes anzusehen durch in dieselben eingeführte kleinste (kapillare) Röhrchen. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist sogar das Druckgefälle in den einzelnen Kapillarabschnitten zu bestimmen. Dabei wird unter Kontrolle durch eine binokulare Lupe eine feinste Spitze aus Pyrexglas in die Kapillarschlinge eingeführt. Die Glasspitze ist mit einem Hg-Wasser Doppelmanometer verbunden. Der untersuchte Finger ist in einem Plastizinblock festgelegt. Die oberflächlichste Epidermisschicht wird entfernt, die Fläche mit Glycerin bedeckt. In der Pipette herrscht ein geringer Ueberdruck, damit kein Glycerin eindringt. Unter besonderen Vorsichtsmaßregeln wird die Spitze durch die Epidermis bis in die Kapillare vorgestoßen. Das Manometer zeigt den richtigen Druck an, wenn die Blutkörperchen entsprechend den Herzschlägen um die Spitze der Pipette flottieren, ohne in diese einzutreten und ohne daß die beim Einstecken eingedrungenen wieder herausgedrückt werden. Der normale Blutstrom wird durch

die Pipette nicht unterbrochen. Auf diese Weise wird der Druck im arteriellen und venösen Schenkel, sowie am Gipfel der Schlinge gemessen. Die Mittelwerte waren für die arteriellen 31 mm Hg, für den Gipfel 20 und für die venösen Schenkel 12 mm. Der Druckabfall in der Kapillare ist also recht beträchtlich. Der Kapillardruck ist dabei abhängig von der Lage der Hand. Die angegebenen Werte beziehen sich auf Haltung der Hand in Höhe des manubrium sterni.

Weiterhin hat L a n d i s auch den Kapillardruck mit der Mikroinjektionsmethode im Säugetiermesenterium bestimmt. Diese Methode beruht darauf, daß eine Mikropipette in ein Zweiggefäß der zu untersuchenden Kapillare eingeführt wird. Dieser Zweig wird dabei geschlossen und so der Wanddruck der ungestörten Hautkapillare bestimmt. Der in der Mikropipette herrschende Wasserdruck ist dem Kapillardruck gleich, wenn die in den Seitenkapillaren vorhandenen Blutkörperchen einen um einen Punkt pendelnde Bewegung, aber keine nach einer Seite gerichtete Strombewegung zeigen. Der Kapillardruck, der vom arteriellen zum venösen Anteil des Kapillarnetzes einen langsamen Abfall zeigt, schwankt zwischen 22—49 cm Wasser im arteriellen Teil mit einem mittleren Unterschied von 8 cm für die verwendeten Tierarten (dezerebrierte Ratten und narkotisierte Meerschweinchen) und zeigt für beide Tierarten im venösen Teil eine mittlere Höhe von 17 cm Wasser.

Im großen und ganzen scheint die Messung des Kapillardruckes noch sehr ungenau zu sein. Das zeigen schon die enormen Differenzen in der Höhe der Normalwerte, die von den verschiedenen Forschern angegeben werden. Ich bringe hier eine Tabelle, die von Rajka zusammengestellt worden ist und die von mir weiter ergänzt wurde. Sie zeigt die Unterschiede der einzelnen gefundenen Werte am deutlichsten.

Kapillardruck, gemessen an der normalen menschlichen Haut.

I. Indirekte Methoden.

1. Gruppe (über 15—16 cm Wasser).

Nr.	Beobachter	Untersuchungsjahr	Kapil.-Druck in mm Hg	Kapil.-Druck in cm HO
1.	v. Kries	1873	24,1	32,8
2.	Natanson	1886	70,0	95,2
3.	v. Basch	1900	27,5	37,4
4.	v. Recklinghausen	1906	55,0	74,8
5.	Lombard	1911	20,0—40,0	27,2—54,4
6.	Landerer	1913	21,0	28,5
7.	Danzer und Hooker	1920	22,2	30,2
8.	Liebeney	1923	32,5	44,2
9.	Herzog	1929	40,0—50,0	54,4—68,0
10.	Strax und de Graff	1931	18,0—20,0	24,5—27,2

Außer dem Werte Nr. 1, der in Herzhöhe gemessen wurde, sind die übrigen Durchschnittswerte, wobei 1 mm Hg = 1,36 cm Wasser entspricht.

2. Gruppe (unter 15—16 cm Wasser).

11.	Roy und Brown	1878	7,3—11,0	10,0—15,0
12.	Basler	1912—18	7,0	9,5
13.	H. Krauss	1913	8,5	11,6
14.	Goldmann	1914	6,6	9,0
15.	C. Müller	1918	11,6	16,0
16.	Kylin	1920	10,0	13,6
17.	Ljungdahl-Ahlgreen	1920	11,0	15,0
18.	Secher	1921	11,4	15,5
19.	Hill und Mc. Queen	1921	10,0	13,6
20.	Boas und Frant	1921	2,0—20,0	2,7—27,2
21.	Rominger	1922	8,5	11,6
22.	Nevermann	1924	8,2	11,2
23.	Guillaume	1924	2,2—2,9	3,0—4,0
24.	Rajka	1925	0,4—1,5	0,5—2,8
25.	Ellis und Weiß	1929	0,0	12,2
26.	Medolsi	1926	6,5—8,7	9,0—12,0

II. Direkte Methoden.

27.	Basler	1914	7,3	10,0
28.	H. Krauss	1916	7,3	10,0
29.	Carrier und Rehberg	1922	3,5—5,5	4,5—7,5
30.	E. Landis	1930	12,0—31,0	16,3—42,2

Die Resultate sind also sehr verschieden. Sie lassen sich in erster Linie aus den methodischen Differenzen erklären.

Schon die Methodik von v. Krieß wurde bald aufgegeben, da sie zu ungenaue Werte ergab. Auch die anderen Methoden der Kompression sollen mit vielen Fehlern behaftet sein. So kann man das Verschwinden der Kapillaren aus dem Mikroskop mit ihrer Kompression identifizieren, obwohl das Verschwinden auch dadurch zustande kommen kann, daß die Kapillaren in ein tieferes Niveau gelangen. Oder aber, wie Kylin schreibt, kann die Haut an der Stelle, wo die Messung vorgenommen wird, faltig sein. Oder aber, man hat seine Beobachtung nur auf eine einzelne Kapillare eingestelt. Bis zu ihrer Kompression können andere Kapillaren in der Umgebung längst komprimiert sein. Eine weitere Fehlerquelle könnte man in Oedemen erwarten. Nach Klingmüller ist die Messung des Kapillardruckes noch eine unsichere Sache. Dies wird erklärlich, wenn man überlegt, daß das jeweils untersuchte Gebiet doch recht klein ist und in unbekanntem wechselndem Nebenfluß steht zu dem unsichtbaren Geflecht der Subkutis und zu irgendwelchen derivatorischen Kanälen. Vielfach machen krankhafte Störungen die Verhältnisse noch verwickelter, so daß hier die Kapillardruckwerte nur mit äußerster Skepsis aufgenommen werden können. Derartige Fehlerquellen, sowie auch die Abhängigkeit des Kapillardrucks von einer Anzahl Faktoren müssen immer berücksichtigt werden. Nach Rajka hängt der Kapillardruck ab, 1. von den statischen Kräften, d. h. von der Niveaudifferenz. die zwischen dem zu untersuchenden Hautgebiet und dem Herz besteht, 2. vom arteriellen Blutdruck und von der Weite der zuführenden Gefäße, 3. vom venösen Druck, 4. von Temperatureinwirkungen, 5. vom intrathorakalen Druck, 6. von der Konstitution, 7. von pathologischen Zuständen.

Ob dies stimmt, mag dahingestellt sein. Viele Forscher, wie z. B. Nevermann finden zwischen Blutdruck und Kapillardruck keinerlei Uebereinstimmung, ja, er hat Fälle mit ausgesprochener Kapillardruckerhöhung, bei denen die Blutdruckerhöhung fehlt. Der Kapillardruck geht also nicht mit dem Blutdruck parallel. Ferner ist nach Klingmüller zu berücksichtigen, daß die Kapillartätigkeit ziemlich selbständig ist und sich deshalb je nach den gerade gegebenen örtlichen Verhältnissen an verschiedenen Körperstellen ganz verschieden verhalten kann.

Weshalb wird nun auf die Messung des Kapillardruckes so großer Wert gelegt? Nach Starling, Krogh, Landis u. a. kommt der Höhe des Kapillardruckes beim Flüssigkeitsaustausch

zwischen Kapillaren und Gewebszellen eine große Bedeutung zu. Unter anderen Faktoren bestimmt vor allem das Verhältnis von Kapillardruck und kolloidosmotischem Druck des Blutes den Grad der Filtration von Flüssigkeit durch die Kapillarwand. Ein Mißverhältnis kann zu erhöhter Filtration oder erhöhter Aufsaugung von Flüssigkeit führen. Eine Erhöhung des Kapillardrucks und Steigerung desselben über den kolloidosmotischen Druck führt zu Filtrationsödem, einem Typus von Oedembildung, der bei Venensteigerung und Stauung vorherrschend ist (O. Klein).

2. Kapillarkontraktion und -dilation und ihre Formen.

a) Aktive Kontraktion durch Pericyten.

Die Kapillaren werden nicht allein passiv durch den arteriellen Blutdruck gedehnt, sondern sie besitzen einen eigenen Tonus und zeigen unabhängig von den entsprechenden Reaktionen in den Arterien Kontraktionen und Dilatationen. Dafür sprechen sich überaus zahlreiche Forscher aus und es stehen bei ihnen im wesentlichen 2 Ansichten gegenüber. Die Autoren der einen Gruppe behaupten, daß in den Kapillarwänden kontraktile Elemente vorhanden sind und die Kontraktion autonom geschieht. Die andere Gruppe von Autoren ist der Ansicht, daß die Endothelien eine Verdickung erfahren. Dies soll durch Quellung, durch Flüssigkeitsaufnahme aus dem die Kapillaren durchströmenden Blute zustandekommen. Die Entquellung wieder erfolgt durch Flüssigkeitsabgabe ins Gewebe. Nach Stricker handelt es sich hier um eine aktive Tätigkeit der Kapillarendothelien, denn die Quellung und Entquellung kann auf chemische und elektrische Reize hin oder auch spontan auf dem Nervenwege erfolgen. Als Kontraktion kann sie nicht bezeichnet werden. Erst seit den Untersuchungen von Rouget und S. Mayer bekamen wir eine genauere Vorstellung von der Struktur der Adventitia und sie, sowie andere Forscher, bes. Steinach und Kahn kommen zu dem Schluß, daß sich die Kapillaren aktiv kontrahieren können. Rouget stellte über der Adventitia der Kapillaren eine andere Grundhaut fest, die aus einer Schicht verzweigter sternförmiger Zellen besteht. Diese Grundhaut soll jene Kontraktionsmembran sein, die eine Veränderung des Kapillarlumens hervorruft.

Eingehende Untersuchungen dieser Zellen beim Menschen verdanken wir Zimmermann. Sie werden von ihm Preicyten genannt und als kontraktil angesprochen. Sie lassen sich leicht von den Bindegewebszellen der Umgebung unterscheiden, besitzen einen dicken Kern und mehrere lange nicht kontraktile Ausläufer, die auf 2 Seiten verschieden lange Fortsätze tragen. Nur diese Fortsätze sind kontraktil.

Eingehende Untersuchungen machte Tannenberg. Er beobachtete am Mesenterium des Dick- und Dünndarms des Kaninchens, daß die Weite der Kapillaren vom Blutdruck und dem Strömungscharakter der vorgeschalteten Arterie abhängig ist. Er sah, daß sich unmittelbar hinter der Abgangsstelle einer Kapillare eine spornartige Verengerung bildet, die das Gefäß abdrosselt. Bei Färbung mit Trypanblau zeigte sich, daß der Sporn von einer der Kapillarwand außen anliegenden Zelle mit rundlichen Kernen entsteht, die mehrere Fortsätze zeigt. Vintrup fand, daß auch den Blutkapillaren des Mesenteriums beim Frosch diese Zellen aufgelagert sind.

Daraufhin stellten Florey und Carlton Untersuchungen auf das Vorhandensein dieser Zellen bei den Mesenterialkapillaren von Säugetieren an. Sie wählten hierzu Katze und Hund. Den chloroformierten Tieren wurden die Eingeweide mit dem gesamten Mesenterium herausgeschnitten und mit in warme physiologische Kochsalzlösung eingetauchten Tüchern bedeckt. Aus den Mesenterialgefäßen wurde zunächst das Blut entfernt und 4% Formaldehydlösung injiziert, daraufhin Ausspülung mit Wasser und Injektion von Farbstoffen (Gentianaviolett, Haidenhains Eisenhämatoxylin und basisches Fuchsin). Durch diese Injektion wurde eine gute Fixierung und Färbung der Angioepithelzelle und der Kerne der Zellen in der Nachbarschaft der Kapillaren erzielt. Sie fanden in der Nähe des Angioepithelrohres der Kapillaren nur sehr wenig Zellkerne und zwischen diesen Zellkernen und der Kapillarwand fand sich ein kleiner Zwischenraum. Eigentliche „Rougetcells" ließen sich nicht nachweisen und die Verfasser sind der Ansicht, daß die Kapillarwand allein über die Fähigkeit der Kontraktion und Dilatation verfügt. Bensley und Vimtrup finden folgende Zellformen in den Kapillarwänden: Rougetzellen, Histiocyten, Fibrocyten, undifferenzierte Mesenchymalzellen und Chromatophoren. Sie nehmen an, daß es sich außer der letzteren nur um verschiedene Deutungen ein und derselben Zellart handelt. Sie stellten an den

Kapillaren der Froschzunge und der Schwimmhaut, sowie am überlebenden Präparat der Nickhaut erneut fest, daß nur die Rougetzellen und ihre Ausläufer die Kapillarkontraktion bewirken. Field und Madeleine fanden durch direkte Reizung der Kapillaren der Nickhaut, der membrana hyaloidea, des Mesenteriums und Zunge des Frosches, sowie der Subcutis und des Mesenteriums der Ratte 2 verschiedene Kontraktionen. Einesteils kam es bei mechanischer und elektrischer Reizung zu einer Kontraktion des Endothels, bei der die Endothelkerne größer werden und der äußere Durchmesser war nur unbedeutend verringert. Andernteils kam es zu Kontraktionen, bei denen der äußere Durchmesser bedeutend verringert war und die Endothelkerne hinsichtlich ihrer Größe keine wesentlichen Unterschiede aufwiesen. Dieser Kontraktionstyp kommt nach ihrer Ansicht durch eine von außen auf die Kapillaren einwirkende d. h. von den Rougetzellen ausgehende Kraft zustande. Diese Rougetzellen konnten einwandfrei beobachtet werden. Sie wurden bei direkter Reizung größer und ihre Fortsätze traten deutlicher hervor.

b) Wirkung mechanischer, galvanischer und faradischer Reize auf die Kapillaren.

Die Bedeutung mechanischer Reizung für aktive Kontraktion zeigen Arbeiten von Ebbecke, Carrier, Lewis u. a. Sehr eingehend untersuchte Lewis die Haut auf verschiedene Reize und kam zu dem Ergebnis, daß die menschliche Haut eine lokale Reizung mit einer „dreifachen Reaktion" beantwortet. Zunächst wird am Ort der Reizung eine lokale Veränderung hervorgerufen, die infolge primärer aktiver Oeffnung und Erweiterung der kleinsten Gefäße entsteht, sich also eine lokale intensive Röte der Hautstelle zeigt. Weiter entsteht in der Umgebung eine fleckförmige, diffuse Rötung infolge Erweiterung der kräftigeren Arteriolen. Zum Schluß bildet sich ein lokales Oedem, eine Quaddel im Bezirk der lokalen Röte, was auf der Durchlässigkeit der kleinsten Gefäße beruht. Diese Trias von Erscheinungen ist eine typische Reaktion der Haut auf verschiedene Reize. Hoff zeigt, daß die Größe der durch Bestreichen mit einem harten Instrument erzeugten Quaddel recht verschieden ist. Einmal hängt sie von dem ausgeübten Druck ab und überdies auch noch von der Schnelligkeit der Druckände-

rung. Führt man das Instrument mit konstanter Geschwindigkeit über die Haut, so werden die Quaddeln um so höher und breiter je stärker gedrückt wird: So muß z. B. der Druck bei einer Streichgeschwindigkeit von 20 cm pro sec. mindestens 10 g betragen, um eine Quaddel entstehen zu lassen. Je stärker der Druck wird, desto größer wird auch die Quaddel, die dann bei einem Druck von 10000 ein Maximum findet. Das Reflexerythem, welches die Quaddel umgibt, wächst ebenfalls mit steigendem Druck, aber schneller als die Quaddel.

Grant beobachtete die Kapillaren der Froschzunge. Für ihn ist es von großer Bedeutung, die Zunge unberührt im Munde zu lassen und denselben nur im Moment der Reizapplikation zu öffnen. da bei vorherigem Herausziehen eine Hyperämie und schwankende Versuchsergebnisse erzielt würden. Es kommt zu den gleichen Reaktionen an der Froschzunge nach lokaler Verletzung wie in der Haut des Menschen.

Zweifach führte Untersuchungen an den Zellen der Kapillaren der Zunge, des Mesenteriums, der Intestinalwand und der Nickhaut des Frosches durch, die er durch Einstich feinster Nadeln reizte. Bei Reizung von Arteriolen, Präkapillaren und kleinen Venen fand eine Kontraktion der Wandung statt. Rougetzellen fand er eigentümlicherweise nicht. Vielmehr glichen diese Zellen in allem denen des umgebenden Bindegewebes. Reizte er vermeintliche Rougetzellen durch Nadelstich, so runden sich dieselben ab, blieben aber ohne jeden Einfluß auf die Kapillarwand. Zu denselben Ergebnissen kam auch Royers.

Krogh untersuchte an den Ohren nicht narkotisierter Kaninchen die Reaktion physischer Reize. Wird das Tier durch plötzlichen Lärm und Lichtreiz erschreckt, fand für wenige Sekunden eine Kontraktion der kleinsten Gefäße statt, um sich danach auf die Dauer von 1—2 Minuten zu erweitern. Durchschnitt er aber die sympathischen Nervenfasern vorher, so blieben die Reaktionen aus. Reizte er die ausgebreitete Froschzunge durch Nadelstiche, so beobachtete er in der Umgebung der Reizung die Oeffnung zahlreicher Kapillaren, während die Arterien, die das hyperämisch werdende Areal versorgen, sich auf lange Strecken erweitern. Diese Reaktion zeigt sich auch nach Durchschneiden der Zungennerven, fiel aber aus, wenn die durchschnittenen Nerven der Degeneration anheim gefallen sind. Wir hatten es hier also mit einem lokalen Reflexmechanismus zu tun (Axonreflex).

Heimberger reizte die Kapillaren am Nagelfalz mit 8—13 μ starken Glasnadeln und beobachtete die Reaktionen unter dem Mikroskop. Er stellte ebenfalls die verschiedenartige Reaktion nach Art und Stärke der Reizung fest. Auf leichten stumpfen Druck oder feinen Stich wird die Kapillare nach anfänglicher Erweiterung eng und verschwindet schließlich ganz. Verletzung der Kapillarwand führt zu einer lokalen Einbuchtung. Diese entsteht langsam und verschwindet plötzlich. Sie wird zu einem Teil bewirkt durch Kontraktion der Epithelzelle, zum andern Teil durch kontraktile Elemente, die dem Endothelrohr aufliegen. Ebenso untersuchte Magnus die Kapillaren des Nagelfalzes auf ihre Reizbarkeit mit dem Hautmikroskop von O. Müller. Nach Anlegung einer Esmarchschen Blutleere wurde mit einer feinen Nadel bis eben zur Schmerzempfindung ins Gewebe gestochen. Die Kapillaren wurden blutleer und verschwanden schnell. Aber schon nach wenigen Minuten taucht in dem blassen Teil, der von stark gefüllten Schlingen umsäumt ist, eine feine Schlinge nach der andern auf, die nach und nach stärker gefüllt werden als die der unbeteiligten Umgebung! Der gereizte und gerötete Bezirk zieht mit großer Kraft die letzten Reserven aus der leerblutenden Alveole an sich und hält diesen Zustand der Hyperämie noch lange fest. Mit dem faradischen Strom reizte Kahn die isolierte Nickhaut des Frosches und beobachtete Verengerungen des Lumens der Blutgefäße. Diese wurden sowohl durch Zell- bzw. Kernschwellung verursacht, als durch eine echte Kontraktion der Kapillaren infolge einer echten Kontraktilität ihrer Wandungen. Es wurde Kernschwellung, Längsfaltung und auch Formveränderungen der adventitiellen Zellen festgestellt. Heimberger untersuchte die Wirkung des galvanischen Stromes auf die menschliche Fingerkapillare. Als differente Elektrode führte er eine Stahlnadel an die Kapillare heran und den andern Pol der Batterie an die angefeuchtete Fingerbeere. Bei differenter Anode dagegen stellte er Kontraktionsvorgänge in den Kapillarpericyten fest. Aus obigem ist also zu ersehen, daß je nach Reizstärke sowie nach der Empfindlichkeit des betreffenden Individuums eine weiße bzw. rote Linie, eine Dermographia alba, infolge Verengerung der kleinen Gefäße am Ort der Hautreizung oder eine Dermographia rubra, infolge lokaler Erweiterung der Kapillaren entsteht und zum Schluß sich eine Dermographia elevata, die mit einer Quaddel entsteht, zeigt. Von dieser Erscheinung ist die mehr oder weniger in die Umgebung übergreifende Rötung zu trennen,

die L. R. Müller als Reflexerythem bezeichnete. Dieses ist auf nervöse Erregungen zurückzuführen und zwar solche, die entlang dem Nervenstamm fortgeleitet werden und unabhängig vom Rückenmark sind, also auf dem Wege des sogenannten Axonreflexes. Dieser funktioniert auch nach Trennung der Nerven vom Rückenmark solange die peripheren Nerven nicht degeneriert sind. Nach eingetretener Degeneration der Nerven, sowie Ausschaltung derselben durch Anästhesie, ist dieser Axonreflex aufgehoben und der rote Hof bleibt aus. Uebereinstimmend wird betont, daß die lokale Dermographie nicht vom Zentralnervensystem oder einem lokalen Nervenreflex abhängt, da sie ebensogut an Hautpartien zu sehen ist, deren Nerven durchschnitten und degeneriert sind.

Eine andere Kapillarreaktion ist die sogenannte „antidrome Kapillarerweiterung", die bei Reizung der hinteren Wurzeln (der afferenten Bahnen) auftritt. Sie äußert sich in einer starken Rötung der Haut im Bereich des betreffenden Segmentes. Klinisch spielt die antidrome Kapillarerweiterung eine Rolle bei verschiedenen Reizzuständen, Neuralgien, sowie bei Herpes zoster. Als erstes subjektives Symptom findet sich eine Hyperämie und Rötung im Bereich des betreffenden Segmentes und erst später tritt Blasenbildung auf.

Die Dilatation der Gefäße nach mechanischer Reizung der Haut tritt nach einer Latenzzeit auf; man versteht darunter die Zeit bis zur Entstehung einer Dermographia rubra am Ort des mechanischen Hautreizes. Wollte man den Dermographismus zahlenmäßig erfassen, so müßte man die Intensität der Rötung messen. Dies würde aber zu allzu ungenauen Ergebnissen führen. Nothaas nimmt die *Latenzzeit* des Dermographismus als Maß für die Reaktionsfähigkeit der Hautkapillaren. Durch die Konstruktion seines Apparates bekamen wir ein Mittel, um die so schwer quantitativ festlegbaren dermographischen Erscheinungen zahlenmäßig erfaßbar zu machen. Durch diesen Apparat ist es möglich, nach einen bestimmten immer gleichen Hautreiz mit einem Druck von 150 g die Latenzzeit bis zum Auftreten der Dermographia rubra zu erfassen und dieser Wert ist mit *dermographischer Latenzzeit* bezeichnet worden. Nothaas fand im Durchschnitt beim Menschen bei normalem Grundumsatz 6—8 Sekunden; bei herabgesetztem Grundumsatz im Durchschnitt eine kürzere und bei pathologisch gesteigertem Grundumsatz eine längere Zeit. So hat denn der Apparat praktische Anwendbar-

keit in der Möglichkeit einer gewissen Kontrolle der Grundumsatzbestimmung gefunden. Keßler fand eine gesetzmäßige Abhängigkeit der dermographischen Latenzzeit vom Lebensalter. Sie beträgt im Kindesalter 3,5 Sekunden und steigt mit zunehmendem Alter bis 8,9 bei 75 Jahren an. Hoff fand, daß acidotische (vorwiegend Fleischkost) zum Anstieg des Blutdrucks und der dermographischen Latenzzeit, alkalotische Kost (vorwiegend lacto-vegetabilische Kost) zu einem Abfall dieser Werte führt. Neuerdings nahm Spickmann mit der Methode von Nothaas Messungen der dermographischen Latenzzeit über die Beeinflussung des Kapillarsystems der Haut bei Rohkost vor. Bei dreitägiger Rohkostzufuhr fand er eine Neigung zum Sinken des systolischen und diastolischen Blutdrucks und eine beschleunigte Erweiterung der Kapillaren auf Reiz. Früher hatte Gänßlein den Einfluß einer längerdauernden Fleischkost untersucht. Er fand eine starke Erweiterung und Oberflächenvergrößerung und vermehrte Blutfülle des peripheren Gefäßabschnittes. Das an Rubeosis erinnernde rote Metzgergesicht mag dafür ein Beispiel sein. Späterhin zeigten sich Schädigungen der Kapillaren mit Störungen ihrer Durchlässigkeit, die schließlch zu Blutaustritt und scorbutähnlichen Erscheinungen führten. Bei vegetabilischer Kost ging die periphere Blutfülle zurück. Diese Kostform zeigt also eine gewisse Entlastung der Kapillaren im Gegensatz zur starken Fleischkost. Das meist blasse Aussehen des Vegetariers charakterisiert diesen Typ.

Bei den meisten Reaktionen der Kapillaren, sowohl bei den direkten durch mechanische, thermische, elektrische, chemische Reize, als auch bei der antidromen Kapillarerweiterung kommt dieselbe nach der wohlbegründeten Auffassung von Lewis durch eine kapillarerweiternde Substanz zustande, die das einemal durch direkten Reiz, das anderemal auf dem Nervenwege freigemacht wird. Diese Erscheinungen der Dermographie sind also nicht die direkte Folge der verschiedenen Reize, sondern werden indirekt durch mechanische Substanz hervorgerufen, die durch den Reiz im Gewebe freigemacht ward. Diese Substanz, die in ihren Eigenschaften und Wirkungen dem Histamin nahesteht, wird von Lewis H-Substanz genannt. Es muß noch als ungewiß offen bleiben, ob diese Substanz Histamin selber ist, oder ob vielleicht nicht überhaupt mehrere Substanzen in dem Ausdruck H-Substanz miteinbegriffen sind. Sie ist ein Abbauprodukt des Eiweißstoffwechsels und kann daher überall im Körper gebildet werden. Hauptsächlich

kommt nach mikroskopischen Untersuchungen von Lewis die lebende Epidermis in Frage. Rühmann nimmt nun an, daß auch die auf Massage der menschlichen Haut auftretende Reaktion an den Hautgefäßen nicht eine direkte Wirkung auf diese Hautgefäße darstellt, sondern daß durch die Massage gefäßerweiternde Stoffe in der Haut gebildet und frei werden, die die Reaktion bewirken.

c) Temperaturreize.

Ueber die Bedingungen der Reizbarkeitsunterschiede erhalten wir wichtigen Aufschluß, wenn wir den Einfluß der Temperatur auf die Reaktion in Betracht ziehen. Als allgemeine Regel läßt sich sagen, daß durch Wärme der Grad der lokalen vasomotorischen Reaktion gesteigert, die Latenz und Dauer abgekürzt wird. Lewis behandelt die menschliche Haut mit Wasser von 45—47 Grad und beobachtete einerseits eine Erweiterung der Kapillaren und Venen, andrerseits der Arteriolen unabhängig voneinander. Dieses sind lokale Reaktionen. Höhere Temperaturen verursachen überdies eine reflektorische Erweiterung der Arteriolen, welche sich über die behandelte Stelle weiter verbreitet. Oder aber er kühlt eine Hautstelle mittels eines aufgesetzten Metallstabes oder eines Strahles kalter Luft auf eine gemessene niedrige Temperatur ab. Eintritt des Erfrierens wird als leichtes Jucken oder Stechen empfunden. Bei Auftauen der weiß und hart gefrorenen Stelle entwickelt sich eine auf den gefrorenen Bezirk beschränkte, unter Umständen tagelang anhaltende Rötung. Stärkere oder längere Frosteinwirkung für zur Quaddel. Als höchste Temperatur, bei welcher die Haut gefroren war, wurde —2,2 Grad C gefunden. Unter Umständen kann die Hautoberfläche bis —20 Grad C unterkühlt werden ohne zu gefrieren. Dabei handelt es sich wahrscheinlich um das den Physikern bekannte Phänomen der Unterkühlung, die in diesem Falle durch den relativen Feuchtigkeitsgehalt und den Fettgehalt der Haut beeinflußt wird. Dieser Umstand ist wichtig zur Erklärung der Tatsache, daß Polarreisende oft Winden von —20 bis —30 Grad ausgesetzt sind, ohne zu erfrieren. Die Haut ist durch Unterkühlung geschützt und dieser Schutz wird gefördert durch das Fett, welches die Haut beim Mangel an Waschgelegenheit zurückläßt. Bei der Erwärmung ist höchste erträgliche Temperatur 47—48 Grad oder bei allmählicher Steigerung 51—52 Grad. Castellotti stellte fest, daß der Grad der Erweiterung bei Wärme direkt abhängig ist von der Höhe der Temperatur. Kälte verengert die Ka-

pillaren, um nach längerer Einwirkung sich wieder zu erweitern. Es fiel ihm auf, daß nicht alle Kapillargruppen in gleicher Weise reagierten, einzelne Kapillaren reagierten direkt umgekehrt. Weil untersuchte die feinsten Gefäße gegen Kältereize im Gebiet der Headschen Zone. Es zeigt sich, daß die Reaktion der Gefäße auf den Kältereiz in der Headschen Zone sowohl in zeitlicher wie in quantitativer Hinsicht größer ist als im Kontrollgebiet. Als Ursache der Veränderung liegt wahrscheinlich ein Axonreflex vor. Weiter hat Lewis zur Klärung der Entstehung gewisser Hautschädigungen durch Kälte experimentell die Wirkung der Kälte auf die Haut und deren Gefäße untersucht. Beim Eintauchen eines Fingers in ein Kältebad beginnt nach einiger Zeit plötzlich ein Temperaturanstieg infolge Gefäßerweiterung. Dies soll nach seiner Ansicht reflektorisch durch sensible Bahnen bewirkt sein und bleibt bei Degeneration derselben aus. Wird ein rechter und ein linker Finger gleichzeitig eingetaucht und auf einer Seite die Zirkulation durch Abbinden aufgehoben, so bleibt auf dieser Seite die Reaktion ganz aus und der Finger dieser Seite kühlt sich rascher ab als der der anderen Seite. Weiter untersuchte Lewis die Einwirkung einer Außentemperatur von 2—9 Grad C auf die Hauttemperatur der verschiedenen unbekleideten Körperteile thermoelektrisch. Die Finger zeigten die niedrigste Temperatur, im Gesicht waren die Ohren am kältesten, dann Nase und Wangen. In der Hautfarbe zeigen die Partien, die am rötesten sind, die niedrigste Hauttemperatur. Weiter wurde untersucht, ob die reaktive Gefäßerweiterung, die bei längerem Eintauchen des Fingers in kaltes Wasser einsetzte, auch eintrat, wenn sich der Mensch nur in kalter Außentemperatur aufhielt. Das erste war an den Fingern der Fall. Die Ohren reagierten dagegen nur gelegentlich. Die Reaktion trat an den Fingern auf, wenn der übrige Körper gut vor Kälte geschützt war, so daß kein allgemeines Frösteln bestand. Das zeigt die große Bedeutung der warmen Körperbekleidung für das Warmwerden der Finger bei kühlem Wetter.

d) Chemische Reize.

Für die Entstehung einer autonomen Kontraktilität der Kapillaren ist von besonderer Wichtigkeit die Wirkung chemischer Substanzen auf das Gefäßsystem. Hierbei spielen Adrenalin, Histamin, Pituitrin außer vielen anderen wohl eine wichtige Rolle.

Allgemein kann man sagen, daß *Adrenalin* in gewissen Dosen eine Kontraktion der Arterien und Arteriolen bewirkt, bei der die Kapillaren unbeeinflußt bleiben, dann aber durch den gesteigerten Innendruck erweitert werden. Erst in höheren Dosen erzeugt Adrenalin auch eine Kontraktion der Kapillaren. Schneider, ein Schüler Ashers, untersucht die Adrenalinwirkung auf den Kapillarkreislauf. Er benutzt eine besondere Befestigungsweise des Tieres auf dem Korkbrett durch schmale Gipsbinden, die jede mechanische Störung des Blutkreislaufs in dem zu untersuchenden Bein vermeidet. Die Adrenalin- und Pituitrinlösungen wurden in den Rückenlymphsack injiziert. Er stellt fest, daß Adrenalin von einer bestimmten Minimaldosis an eine Verengerung der Arterien hervorruft. Die kleinste Dosis, die eine meßbare Verengerung an den Schwimmhautarterien des Frosches verursacht, schwankt zwischen 0,5 ccm 1 : 500 000 und 1 ccm 1 : 100 000. Diese Verengerung tritt zuerst an den großen Arterien auf und nimmt mit steigenden Dosen an allen Arterien zu. Bei ungefähr der 4—5fachen Minimaldosis können wir eine 30—40% des normalen Durchmessers betragende Verengerung konstatieren. Bei noch höheren Dosen können die Arterien zum vorübergehenden Verschluß gebracht werden, der sich rasch wieder löst. Von einer gewissen Konzentration an hat Adrenalin eine Erweiterung der Kapillaren zur Folge; die Venen bleiben stets unverändert. Diese Grenzkonzentration schwankt zwischen ziemlich weiten Grenzen, denn sie ist einesteils abhängig von der Größe des Tieres und andernteils von der Resorptionsgeschwindigkeit. Schneider meint, daß es sich bei dieser Dilatation um eine aktive Reaktion der Kapillarwand handelt. Das Herz antwortet dem durch die Verengerung der Arterien bedingten erhöhten Blutdruck zunächst im Sinne einer Hyperkompensation, was sich aus der Beschleunigung der Strömung in den noch unverändert gebliebenen Kapillaren und Venen ergibt. Das Herz steht im allgemeinen Dosen, die eine 30—40% betragende Kontraktion der Arterien der Schwimmhaut bewirken, insuffizient gegenüber. Es tritt eine venöse Rückstauung ein, die sich in einer Verlangsamung der Strömung in den Venen und Kapillaren anzeigt. Immer aber werden fast alle Kapillaren erweitert und zwar im Maximum um 25% ihres ursprünglichen Durchmessers bei Anwendung der 4—6fachen Minimaldosis, die eine Verengerung der Schwimmhautarterien von 6% und mehr zur Folge hat. Die Durchschneidung der zugehörigen dorsalen Rückenmarkswurzeln hat keinen Einfluß der Adrenalinein-

wirkung auf das Gefäßsystem, während die Durchschneidung des Ischiadicus die Sensibilität des Gefäßsystems gegenüber dem Adrenalin steigert. Die durch Adrenalin verursachten Veränderungen sind im allgemeinen reversibler Natur, d. h. nach kürzerer oder längerer Zeitdauer kehrt das Gefäßsystem wieder zur Norm zurück.

Am Gesunden und Kranken studierten Horejsi und Aron den Verlauf der Reaktion nach perkutaner Applikation von Adrenalin und Histamin. Der Reaktion schließt sich neben den Kapillaren auch der subpapilläre Plexus an. Sie benutzten die Untersuchungsmethode, wie sie von Lewis empfohlen wurde. Auf die volare Seite des Vorderarms tropften sie einen kleinen Tropfen Adrenalin. Reinigung der ausgewählten Stelle ist nicht gestattet, da sonst mechanische evtl. thermische Reize entstehen. Durch den Tropfen Adrenalin stechen sie mit einer stumpfen Nadel unter derartigem Drucke, daß keine Blutung der angestochenen Haut entsteht. Die Flüssigkeit lassen sie 10 Min. auf den Einstich wirken und saugen sie dann durch Auflegen von Gaze auf. Sie sind der Ansicht, daß diesse Art der Applikation angezeigter ist als die intracutane, da es bei letzterer beim Einstich zu einer größeren mechanischen Reizung kommt. Es entsteht bei Adrenalinapplikation zunächst eine leichte Hyperämie und nach einer Minute bildet sich um den Einstich herum ein anämischer Fleck. Beide Phasen bestehen nun nebeneinander, bis sie nachher wieder abklingen. Betrachtet man den anämischen Bezirk mit der Hautmikroskop, so sind die Anzahl der Kapillaren bedeutend vermindert und der Rest wesentlich verengt. Die Hyperämie um den vasostriktorisch beeinflußten Teil führen sie auf den Einfluß der vasodilatatorischen Stoffe, analog Lewisschen H-Substanzen zurück.

Killian macht Versuche an Grasfröschen. In Narkose durch 0,4 ccm 25% Urethan werden die Tiere mit Gazestreifen und Klebmasse auf Glasplatten fixiert und die Zunge auf einem vorgelegten Deckglas mit einem feinen Häkchen fixiert. Durch Kompression in der Medianlinie mit einer aufgelegten Nadel läßt sich die Zunge bei Versuchen in 2 Kontrollhälften teilen. Auftropfen von Adrenalin 1 : 1000 verengert alle Gefäße. Die Wirkung ist innerhalb einer halben Stunde reversibel. Die kleinen Arterien kontrahieren sich durch Adrenalin 1 : 1000 bis zu völligem Lumenverlust. Die Weite der Kapillaren ist normal 25—30 μ, unter Adrenalin 8—10 n.

Mit einer besonderen Methode konnten Hartmann und Evans die Kapillaren beobachten und den Durchmesser der Ge-

fäße messen. Kleine Dosen von Adrenalin riefen eine gesteigerte Durchblutung hervor; unter seinem Einfluß öffneten sich die geschlossenen Kapillaren und die schon offenen erweiterten sich. Ebenso reagierten die kleinen Venen. Bei größeren Dosen verstärkten sich die Erweiterungen der Kapillaren, während Venen und Arterien sich zusammenzogen. Mit sehr hohen Dosen konnten sie nur zuweilen eine Verengerung der Kapillaren erzielen. Dieselben Beobachtungen konnten Lewis, Okada, Castellotti, Densham und viele andere machen.

Genau entgegengesetzt dem Adrenalin wirkt das *Histamin*. Sowohl bei lokaler Einwirkung wie bei allgemeiner wirkt es in hohem Grade kapillarerweiternd. Das Gift greift an der Kapillarwand selbst an und lähmt dieselbe. Es wirkt allerdings nur auf die Kapillarwand erweiternd, wenn in der Kapillarwand von vorneherein noch ein gewisser Tonus vorhanden ist und Adrenalin und Sauerstoff zugegen sind. Bei percutaner Applikation von Histamin beobachten Horejsi und Aron in den ersten Sekunden eine Hyperämie, die intensiver und von größerem Ausmaß als die beim Adrenalinversuch ist. Nach einer Latenz von 2—3 Minuten beginnt sich um die Einstichstelle herum ein lokales Oedem von Quaddelform zu bilden. Seiner Entstehung geht jedesmal ein ziemlich intensives Juckgefühl voraus.

Domenesch und Bofill untersuchten kapillarmikroskopisch die Wirkung verschiedener Dosen Histamin auf die Kapillaren der Zunge des Hundes. Injektion von 0,5—0,1 mg pro kg Körpergewicht Histamin erzeugt eine gegenüber dem Blutdrucksturz um 35—40 Sek. nachkommende Kapillarerweiterung, um nach wenigen Minuten wieder das Bild wie vor der Injektion zu bieten, gleichzeitig steigt der Blutdruck wieder an. Nach Injektion einer großen Menge 10 mg/kg) kommt die Kapillarerweiterung noch später nach dem Druckabfall. Nach Beobachtungen von Alessandri verursachen subcutane Einspritzungen von 1 mg Histamin keine Aenderung des Blutdrucks, dagegen eine starke, wenn auch schnell vorübergehende Steigerung des Kapillardrucks. Der Höhepunkt ist 30—60 Min. nach der Injektion. Dieser Befund ist dem der andern Forscher gegenüber überraschend. Man nimmt an, daß die indirekte Methode von Kylin, nach der gearbeitet wurde, für exakte Messungen ungeeignet ist.

Auch Feldberg stellt beim Kaninchen eine zweifache Wirkung des Histamins fest: eine konstriktorische auf die sichtbaren

arteriellen Gefäße und eine dilatatorische auf die Kapillaren. Die subjektiven Symptome nach subcutaner Histamininjektion bestanden nach Harmer und Kenneth in Wärme und Spannungsgefühl. An der Injektionsstelle werden Schmerzen empfunden, wenn die Schwellung einen ungewöhnlichen Grad annahm. Intravenöse Injektion ergab Metallgeschmack in den hinteren Abschnitten der Mundhöhle. Der deutliche Effekt aber war die Erweiterung der kleinen Hautgefäße, erkennbar zunächst an der stets zunehmenden Röte der Haut; weiter ist mit der Erweiterung ein vermehrter Blutdurchfluß verbunden, der sich plethymographisch feststellen läßt. Diese Symptome treten bei subcutaner Injektion bereits nach ½—2 Min. auf, bei intravenöser nach 20—40 Sekunden. Nach der Methode von Killian erweist sich das Histamin in allen Gefäßabschnitten als gefäßerweiternd. Ein Unterschied zwischen Arterien und Kapillaren ist nicht festzustellen. Ueberschwemmen wir den Gesamtorganismus mit Histamin, so bekommen wir eine Erweiterung des gesamten Kapillarsystems mit hochgradiger Stromverlangsamung. Eine derartige Kapillarerweiterung führt zu einer Vergrößerung des gesamten Kreislaufquerschnittes. Die Venen bekommen zu wenig Blut, der Venenrückfluß ist also zu gering, das Herz läuft leer und kann die Füllung des Arteriensystems nicht mehr aufrecht erhalten. Es muß eine Mehrarbeit leisten, so daß es nach primärer Gefäßinsuffizenz sekundär zur Herzinsuffizienz kommt. Durch Leerlaufen der Hirnarterien kommt es zum Kollaps mit folgendem Tod. Es ist dies der Tod durch Histaminshok. Pick nimmt an, daß bei Histaminkollaps das Pfortaderblut sehr stark mit Blut überfüllt ist und die Ursache in der Sperre der Lebervenen liegt, da Tierarten ohne Lebervenen keinen Histaminshok zeigen.

Außer diesen beiden Substanzen sind noch viele andere untersucht und beschrieben worden; so injiziert Sacks am Meerschweinchen $^1/_{20}$—$^1/_{40}$ ccm *Infundin* (Pituitrin) intravenös oder ½—1 ccm subcutan und stellte eine deutliche Hautblässe fest. Castellotti stellte fest, daß die Pulszahl bei 1 mg *Pilocarpin* um 12—20 Schläge zunimmt, der Druck aber zunächst um 10—20 mm Hg abnimmt, um nachher wieder zuzunehmen. Die Kapillaren erweitern sich in ihrem arteriellen Schenkel. Heimberger untersuchte die Wirkung von *Campferöl, Cardiazol, Hexeton, Coramin* und *Campferlösung „Höchst"* auf die Kapillaren des Nagelfalzes. Es konnte weder eine spezifische Wirkung auf das Endothel der Kapillaren noch auf die Gefäßnerven beobachtet werden. *Insulin* oder Pankreasextrakt be-

wirkt nach Champy am Mesenterium des Frosches Gefäßerweiterung. Appliziert man noch Adrenalin dazu, so sieht man erst die Adrenalinwirkung und dann die Dilatation. Bock studiert die Wirkung des *Pituitrins* auf den Blutdruck, die Pulsfrequenz, die Kapillaren, das Oszillotonogramm, das Elektrokardiogramm und den Venendruck. Bei subcutaner, besonders deutlich nach intravenöser Injektion ruft es eine konstant auftretende Verengerung der Kapillaren hervor, die in keine Parallele zu Blutdruck und Pulsfrequenzveränderung steht. Blutdruck und Frequenz reagieren verschieden. Nach subcutaner Injektion werden meist leichte Blutdrucksenkung und Pulsverlangsamung beobachtet, nach intravenösen Gaben tritt gewöhnlich eine zweiphasische Pressor-Depressorwirkung ein. Pituitrin hat die Neigung, niedrige Blutdrucke zu erhöhen, und hohe herabzusetzen. Behr stellt Versuche an der Froschzunge an. Seine Methodik besteht darin, daß mit Urethan narkotisierte Frösche mit der Bauchseite auf eine Glasplatte gelegt werden, die Zunge herausgezogen wird und mittels Insektennadel auf einem Deckglas ausgespannt wird. Daraufhin untersucht er mikroskopisch jeweils eine Arteriole mit zwei abzweigenden Kapillaren. Er findet folgende Ergebnisse: *Cocain 2%* Lösung Beschleunigung des Blutstromes, in 4% Lösung Verengerung der Gefäße. *Novocain* in 10% Lösung Erweiterung dre Arteriolen und Kapillaren, in 20—30% Lösung Verlangsamung des Blutstromes, in 50% Stase in den Kapillaren, die sich dann noch auf die Arteriolen ausdehnt. *Percain* in 0,1% Lösung leichte Erweiterung der Arteriolen und stärkere der Kapillaren, in 1% Lösung völlige Stase. *Pantocain* in 0,05% schon leichte Erweiterung der Arteriolen in 1% Stase. *Tropacocain* in 2% Lösung Erweiterung der Kapillaren, in 10% Totalstase. Musikantow untersuchte den *Anilin*einfluß auf die Hautgefäße einmal bei Hindurchleitung verschiedener Anilinverdünnungen durch die Hautgefäße, ein andermal die lokale Anilineinwirkung auf die Hautoberfläche. Die Arbeit wurde am isolierten Kaninchenohr vorgenommen. Es wurde bei Hindurchleitung von Anilinverdünnungen eine Verengerung derselben festgestellt, bei gesteigerter Konzentration eine Zunahme. Bei Konzentration von 10^{-3} wurde eine ziemlich konstante Verengerung festgestellt. Die Reaktion der Gefäße auf Adrenalin wird nach einer Anilindurchblutung etwas schwächer. L. Fischer beobachtete mit dem Hautmikroskop die Wirkung einer elektrosmotischen Applikation von 80% Alkohol auf die Kapillaren. Während vorher gleichzeitig 19—21 Kapillaren pro qmm sichtbar waren,

trat jetzt eine Verengerung und gleichzeitig Verminderung der Schlingen auf 10—15 pro qmm ein. 12—20 Min. später wird die behandelte Stelle hyperämisch unter Einwirkung besonderer Schaltstücke der Kapillaren. Die Zahl der sichtbaren Kapillaren steigt dann auf 20—30 pro qmm. Adrenalin 1 : 1000 in 80% Alkohol gelöst und auf dieselbe Weise appliziert, verursacht Verschwinden der Kapillaren bis auf 1—2 stromlose Schlingen pro qmm. Nach 45 Minuten tritt langsam eine Hyperämie auf, die mit 25—35 Schlingen pro qmm etwa 4 Stunden anhält. Diese Beobachtungen zeigen, daß normalerweise nie alle Kapillaren gleichzeitig dem Strom geöffnet sind. Positive Ergebnisse über die gefäßerweiternde Wirkung von *Jod* gelangen Guggenheimer und J. Fischer. Sie meinen, daß die gefäßerweiternde Wirkung den früheren Untersuchungen deshalb entgangen ist, weil mit viel zu hohen Dosen gearbeitet wurde. Sie sahen am Säugetierherzen erst von einer Konzentration von etwa 1 : 100 000 eine gefäßerweiternde Wirkung auftreten, die mit zunehmender Verdünnung deutlicher wird. Außerdem konnten sie sich davon überzeugen, daß Jod in kleinsten Dosen auch die peripheren Gefäße erweitert, eine Wirkung, die mittels der Ganterschen Methode im strömenden Blute bei der Katze nachgewiesen wurde. Ein ganz ähnliches Bild beobachteten sie am Koronarkreislauf wie an den peripheren Gefäßen bei. Verwendung verdünnter Bromlösungen. Auch hier findet sich die beste Wirkung im Bereiche der stärkeren Verdünnungen. Besonders überraschend war, daß am nicht narkotisierten Kaninchen ähnlich wie beim Jod durch kleinste Bromnatriummengen ein erheblicher Blutdruckabfall eintrat, während eine 50fache höhere Menge erfolglos blieb. Semerau-Siemianowski gab intravenös 1—2,5 g NaJ in 10—15% Lösung oder intraarteriell 0,1—0,15 g in 2—5% Lösung, oder mit einer Glaskapillare einige Tropfen einer 0,1—0,3 NaJ Lösung direkt unter den Nagelfalz, oder es wurden peroral während mehrerer Tage 1—4 g NaJ verabfolgt, so trat in 65% Erweiterung besonders des arteriellen Schenkels der Kapillaren, ein Aufsprießen neuer Kapillaren und Beschleunigung des Blutstromes in ihnen. Krauß untersuchte die Gefäßwirkung der jodhaltigen Kontrastpräparate *Abrodil, Uroselektan, Perabrodil, Tenebril.* Am Laewen-Trendelenburgschen Froschpräparat ist keine Wirkung zu beobachten. Am isoliert durchströmten Kaninchenohr und der isoliert durchströmten hinteren Extremität von Hunden tritt dagegen regelmäßig Vasodilatation ein. Ueber die Kapillarreaktion im *Kohlen-*

säure-Solbad berichtet H. Schreiner. Zuerst sprach Bornstein die Vermutung aus, daß auch die durch ein Kohlensäure-Solbald hervorgerufene Rötung der Haut, ähnlich wie bei vielen anderen Reizen auf die Wirkung von Histamin oder histaminähnlichen Substanzen beruht. Versenkt man eine Extremität in ein Kohlensäure-Solbad von 35 Grad, so rötet sich die Extremität. An der Grenze der Rötung, dicht außerhalb des Wassers bildet sich ein weißer Ring, der sich sowohl gegen die gerötete Extremität im Wasser wie gegen die normal gefärbte Haut außerhalb des Wassers scharf abhebt.

3. Die Kapillarpermeabilität und -resistenzprüfung.

Die wesentliche Aufgabe der Kapillaren besteht in dem Austausch von Nahrungsstoffen zwischen Blut und Gewebe. Krogh glaubt, daß hierbei die Kapillarwände als passive Membranen wirken, die eine bestimmte, wenn auch gesetzmäßige Permeabilität besitzen und nicht, wie ein anderer Teil von Forschern annimmt, die Kapillarendothelien regulieren den Stoffdurchtritt durch Permeabilitätsänderungen. Bei den Respirationsgasen läßt sich nachweisen, daß O_2 und CO_2 in allen Geweben löslich sind und überall hindiffundieren können. In den Geweben wird O_2 verbraucht und CO_2 produziert. Außer diesen können noch viele andere Stoffe, wie z. B. Harnstoff wie Gase durch die meisten Zellen des Körpers hindurchdiffundieren. Ausschlaggebend hierbei ist die Größe der Moleküle. Viele Stoffe aber wieder diffundieren nicht durch die Kapillarwand. Allgemein gilt dies für Stoffe, die mit Kolloiden bezeichnet werden. Sie sind Eiweißstoffe des Blutes, die große Moleküle besitzen und durch die äußerst feinen Poren der Kapillarwände nicht hindurchgelangen. Die Permeabilität der Kapillaren ist in den verschiedenen Geweben verschieden stark, wie z. B. in der Leber sind die Kapillarwände auch für Eiweiß durchlässig (Krogh) und auch bei Schädigungen der Kapillarwand in der Niere tritt Eiweiß aus dem Blute in den Urin über. Allgemein wird angenommen, daß der Grad der Kapillardurchlässigkeit allein von dem Grad der Erweiterung abhängt, also der Höhe des Kapillardruckes, doch glaubt Tannenberg nach verschiedenen Beobachtungen hin annehmen zu können, daß die Kapillardurchlässigkeit auch durch oberflächenaktive Stoffe,

die vom Gewebe aus auf die Kapillarwand einwirken, gesteigert werden kann, z. B. wird nach Lewis unter Einwirkung von Substanzen histaminartigen Charakters, sowie unter Histamineinwirkung selbst nicht nur die Permeabilität der Kapillarwand erhöht, sondern es tritt sogar eine Durchlässigkeit für Kolloide ein. Nach Frölich und Zak stellen die kleinen Venen Prädilektionsstellen für Flüssigkeitsaustritt dar. Nach Injektion von 0,6% Indigocarmin in die Abdominalvene des Frosches erscheint der Farbstoff im Gewebe parallel den Venen der untersuchten Froschzunge, oder aber, injiziert man 0,4—0,1 ccm einer Lösung 10% Ferrocyankalium und träufelt anschließend Eisenchloridlösung auf die Zunge, so folgen die blauen Niederschläge deutlich dem Zuge der großen Venen. Ebenso stellten Rous, Peyton, Gilding, Frederic Smith eine fortschreitende Durchlässigkeit der Kapillaren während ihres Verlaufes fest, die beim Uebergang in die kleinsten Venen am größten ist. Sie bezeichneten dies Verhalten als *Gradienten* der kapillaren Durchlässigkeit. Dieser Gradient wird durch das starke Gift Urethan nicht beeinflußt, denn er konnte auch an den Zungengefäßen von urethanisierten Fröschen beobachtet werden. Er verschwindet dagegen, wenn die symphatische Innervation ausgeschaltet wird und bei intravenöser Injektion von Farbstoff findet Durchtritt von Farbstoff in derselben lebhaften Art und Weise statt. Der normale Gradien wird somit durch den Symphaticus aufrecht erhalten (Hesselmann). Unter der toxischen Einwirkung kapillarpermeabilitätserhöhender Stoffe wird die Kapillarwand für Farbstoffe erhöht durchlässig. Herzog injizierte eine 1% Lösung von Chicagoblau mit Tusche intravenös und reizte eine Stelle der Zunge mechanisch, thermisch oder chemisch. Die Kapillaren erweitern sich und der blaue Farbstoff tritt durch diese hindurch und die Tusche wird von den Endothelzellen aufgenommen. Die Anlagerung der Tusche ist da am größten, wo schließlich Stase in den Kapillaren eingetreten ist. Mit der Erweiterung der Kapillaren geht also eine erhöhte Durchlässigkeit derselben einher. Florey zeigt, daß Dehnung der Kapillaren auch die Diffusion von Kolloiden erleichtert. Die Versuche wurden mit Stärkelösung und Jod-Formalin an Darmschlingen ausgeführt, bei denen durch starken Strömungsdruck oder Entzündung die Kapillardurchlässigkeit gesteigert worden war. Es zeigte sich, daß Stärke das Endothelprotoplasma passiert.

Hoff und Leuwen zeigten das besonders rasche Verschwinden hochmolekularer Fabrstoffe aus der Blutbahn bei pathologischen

Verhältnissen, was mit einer Permeabilitätssteigerung der Gefäßwand erklärt wird. Sie machten Versuche mit Kongorot, das ja ein hochmolekularer Farbstoff (Molekulargewicht 691) ist, in entzündeten Hautgebieten, wie z. B. der Furunkel ist und fanden, daß sich der entzündlichen Rötung im Bereiche des Furunkels ein kongoroter Farbton beimengte und daß dieser kongorote Farbton noch weit über den Bereich der entzündlichen Röte hinausreichte. Somit bewiesen sie, daß ein durch normale Gefäßwände praktisch nicht austretender Farbstoff, im Bereiche von Entzündungen austritt, daß im entzündeten Hautgebiet eine Steigerung der Permeabilität der Gefäßwände vorhanden ist. In einer weiteren Versuchsreihe injizierten sie Neutralsalzlösungen (NaCl, KCl, CaCl) in hypertonischer, hypotonischer und isotonischer Lösung und dabei zeigte sich, daß der Farbstoffaustritt sowohl vom osmotischen Druck wie auch von der Ionenart abhängt.

Brickner untersuchte die Frage, wie sich kleinste, dem Blutstrom beigemengte Teilchen auf die verschiedenen Gewebe verteilen und ob das Kapillarendothel aktiv an der Aufnahme beteiligt ist. Er benutzte kolloidale Kohle. Gewisse Zeit nach der Injektion wurden die Tiere getötet und die Kohleteilchen in der Flächeneinheit gezählt. Die größte Menge von Kohle wurde gefunden in Milz, Leber, Knochenmark und Lunge. Weniger enthalten Nebenniere, Nebennierenrinde. Wesentlich kleine Mengen liegen in Ovarien, Herz, Schilddrüse, Pankreas. Die Lage der Teilchen, ob innerhalb des Endothels oder auf ihm, war schwer festzustellen.

Landis ließ die Kapillaren des Froschmesenteriums unter bekanntem Druck mit farbstoffhaltiger Ringerlösung durchströmen und fand, daß die Durchlässigkeit nur vom Druck und nicht vom Durchmesser abhängig ist, weiter, daß sich die Permeabilität für verschiedene Stoffe bei gegebenem Druck wesentlich unterscheidet.

Da die Färbung der Kapillaren rasch abnimmt, so daß nach 8—10 Minuten ein beträchtliche Entfernung zu beobachten ist, meinte Carbognin aus der Geschwindigkeit des Abfalls der Farbstoffkonzentration im Kapillarblut nun auf den Grad der Permeabilität derselben schließen zu können. Nach Ermittlung des normalen Permeabilitätsgrades untersuchte er den Einfluß von Harnsäure auf Kapillardurchlässigkeit. Es fand sich eine beträchtliche Erhöhung der Permeabilität und er kommt zu dem Ergebnis, daß Harnsäure sich unter entsprechend experimentellen Bedingungen im Organismus entweder als phlogogene (entzündungserregend) Substanz oder

sich als Kapillargift verhalten kann. O. Klein wies nach, daß man den Vorgang der Permeabilitätssteigerung unter toxischer Einwirkung auch in diagnostischer Beziehung verwerten kann, da die Kapillarwand auch für körpereigene Farbstoffe (Bilirubin) erhöht durchlässig ist. Intradermale Injektion von Histamin bringt den im Blute in geringem Grade vermehrten Gallenfarbstoff in der Histaminquaddel zur Ausscheidung und macht auf diese Weise einen latenten Ikterus auf der Haut fest.

Zur Prüfung der Kapillardurchlässigkeit kann man auch Hautblasen durch Kantharidinpflaster erzeugen. Der Inhalt dieser Blasen wird dann auf seinen Proteingehalt untersucht, der mit dem des Blutstromes verglichen wird. Zur Bestimmung des Proteingehaltes dient die Feststellung des Refraktometerindex. Die Zeit, die vom Aufsetzen des Pflasters bis zum ersten Erscheinen der Blase verstreicht, wird mit Blasenzeit bezeichnet, das Verhältnis des prozentualen Blasenproteins zu dem des Serumproteins als Permeabilitätswert und das Verhältnis dieses Permeabilitätswertes zur Blasenzeit als Entzündungsindex. Cornbleet, J. Klein untersuchten nun unter obigen Ueberlegungen die Kapillardurchlässigkeit bei Hautkrankheiten und fanden die höchste Permeabilität beim Pemphigus. Hier war der Wert für eine Spontanblase 100, für eine Cantharidinblase 78, die normale Durchlässigkeit schwankt zwischen 65—75. Die niedrigsten Werte wurden bei Urticaria erhalten, während die Werte einer Dermatitis herpetiformis in der Mitte lagen. Die Blasenzeit betrug normal 5—5½ Stunden. Diese Art der Prüfung der Permeabilität, also Bestimmung der Zeitdauer der Blasenzeit nach Auflegen von Cantharidinpflaster, was eine Verkürzung der Zeit, die zur Blasenbildung notwendig ist, herbeiführt und dadurch wieder für eine Erhöhung der Permeabilität spricht, wurde zuerst von Gänßlen, dann von Petersen angewandt. Wie obige Ausführungen zeigen, wird die Flüssigkeitsbewegung durch die menschliche Kapillarwand durch verschiedene Faktoren beeinflußt. Landis zählt deren fünf, 1. der Anstieg des Venendrucks und damit des Druckes in den Kapillaren, womit die Geschwindigkeit vergrößert wird, und damit Flüssigkeit aus den Kapillaren austritt, 2. bei einem gegebenen Venendruck verlangsamt ein Anstieg des kolloidosmotischen Druckes des Blutes den Wasseraustritt aus der Kapillarwand, 3. die Kapillarwand vermag ungefähr 95% der Plasmaproteine zurückzuerhalten, 4. Temperaturanstieg vermehrt die Filtrationsgeschwindigkeit bei einem Venendruck zwi-

schen 30—40 cm Wasser, 5. die Ansammlung von Flüssigkeit in den Gewebszwischenräumen vermindert die Filtrationsgeschwindigkeit bei einem bestimmten Venendruck. Von der Widerstandsfähigkeit oder Kapillarresistenz hängt es ab, ob eine nennenswerte Flüssigkeitsmenge aus dem Blute in das Gewebe gepreßt werden kann. Bei Gesunden ist diese Resistenz hoch, bei Nierenkranken, Lues, Keuchhusten, Masern, Purpura sind die Kapillaren durchlässiger, die Transsudation in die Gewebe in höherem Maße möglich. Die Herabsetzung der Kapillarresistenz hat ihre anotomisch-pathologische Ursache in einer Veränderung der Gefäßwand (Basch). Bei dieser ist es nach Volterra die Retikularmembran und nicht das Endothel, das den Kapillaren ihre Festigkeit verleiht und so eine Schranke zwischen Blut und Gewebe bildet. Er betrachtet dabei die adventitielle Retikularhülle, die die Kapillarendothelien umgibt und die Pericyten als zum Reticulo-Endothelialsystem gehörig. So kommt es z. B., daß bei einer Schädigung der Endothelschicht kein Blutaustritt ins Gewebe erfolgt, sondern nur zu einer taschenförmigen Ausweitung der Membran, zu einem Aneurysma capillare adventitiale. Dies erklärt sich durch das Vorhandensein einer außen um das Endothel herum gelagerten bindegewebigen membranartigen Hülle, die den Bestandteil der Kapillarwand darstellt, der die Widerstandsfähigkeit gegen Risse garantiert. Blutungen finden sich dagegen bei Degeneration der Membran.

Zur Prüfung der Kapillarresistenz dienen die bekannten Methoden nach Rumpel-Leede, die Saugglockenmethode nach Hecht, ein dem letzteren sehr ähnliches Verfahren nach Silva-Mello, sowie die Bestimmung nach Göthlin indirekt über den Vitamin C-Standard.

Das Rumpel-Leedesche Phänomen oder Endothelsymptom, in Italien als Grocco-Frugoni-Perussiasches oder Schnürphänomen bekannt, ist nichts anderes als das von Bier beschriebene Stauungsphänomen. Es kommt bei den verschindensten Krankheiten zur Beobachtung und wird nach Longo durch bestimmte Gifte (Chloroform, Salvarsan) hervorgerufen. Es unterliegt durch Störungen des endokrinen Gleichgewichts (Menstruation, Basedow) beträchtlichen Schwankungen. Es soll angeblich ein Symptom der hämorrhagischen Diathese bzw. von Gefäßerkrankungen sein. Schour meint nach eingehenden Untersuchungen, daß es weder ein Zeichen hämorrhagischer Diathese noch einer organischen Gefäßerkrankung, sondern ein Symptom bei Funktionsstörungen der Ka-

pillargefäße ist. Marjn staut mit einer Riva-Roccischen Manschette von 8 cm Breite mit etwa 70 mm Hg 10 Sec. lang. Nach Abnahme der Manschette werden die Blutpunkte einer vorher mit Hautstift abgegrenzten Oberfläche der Ellenbogenbeuge mit einer Lupe ausgezählt und ihre Zahl pro qmm berechnet.

Untersuchungen über die Kapillarresistenz gegenüber negativem Druck wurden zuerst von Hecht unternommen. Er benutzte einen „Schröpfkopf" von 3—4 cm Durchmesser, den er auf die Haut des Patienten luftdicht aufsetzte. Durch eine Wasserstrahlpumpe wird im Schröpfkopf ein Vakuum erzeugt, dessen Grad an einem Hg Manometer abgelesen wird. Es wird dann beobachtet, ob und bei welchem Druck feinste Hautblutungen auftraten.

Ein einfacheres und exakteres Verfahren beschreibt Silva-Mello mit Hilfe des Resistometers. Es besteht aus einem Vakuummeter, das mit einer Saugpumpe sowie einem Saugnapf in Verbindung steht. Der Saugnapf wird auf den vorderen, oberen Teil des Unterarmes aufgesetzt. Mittels der Saugpumpe wird eine Aspiration ausgeübt, deren Stärke im Vakuummeter abzulesen ist. Ist die gewünschte Stärke erreicht, wird der Hahn geschlossen. In dieser Weise kann man die Aspiration von der Zeit und Stärke nach beliebig variieren. Die eingetretene Reaktion ist durch kleine punktförmige Blutungen in der Haut charakterisiert. Ihre Größe, Art und Zahl läßt auf die Intensität der Reaktion schließen. Silva-Mello schiebt seinem Resistometer eine diagnostische Bedeutung zu. Diese kann sich aus der unter Umständen von Fall zu Fall verschiedenen Farbe, Intensität und Zeit ergeben, die bis zum Verschwinden der Hyperämie und kapillaren Blutung verstreicht.

Etwa dieselbe Methode benutzte auch Kolerak. Prinzip seiner Messung soll sein, festzustellen, bei welchem negativem Luftdruck unter einer Glasglocke eine Hautstelle sich eben zu röten beginnt oder aber eine Zusatzröte gegenüber der Umgebung auftritt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß Blutdrucksteigerung und Kleinstgefäßwiderstandssteigerung nicht gesetzmäßig parallel gehen.

Eine vollkommen neue Art der Resistenzprüfung fand Göthlin. Er fand, daß die Stärke der Hautkapillaren beim Gesunden einen Indikator für den individuellen Vitamin C-Standard darstellt und konnte gleichzeitig hiermit auch den Vitamin C-Gehalt feststellen. Er benutzte Drucke von 35 und 50 mm Hg mit 15 Minuten Dauer. Die Apparatur für die Festigkeitsuntersuchung der Kapillaren setzt sich aus folgenden Hauptteilen zusammen: 1. ein Gummistempel mit Farbkissen, um auf der Haut der Ellenbeuge durch einen

farbigen Ring ein kreisförmiges Gebiet abzutrennen, in dem die Kapillaruntersuchungen stattfinden sollen, 2. ein großer Gummiballon, luftdicht mit seinem Ansatzstück verbunden, 3. ein Schraubenkompressorium, zwischen dessen beiden ebenen Metallscheiben der Gummiballon mit seinem größten Umfang Platz findet, 4. eine Gummimanschette für den Oberarm, 5. ein Quecksilbermanometer, 6. ein Y Rohr, 7. ein Vergrößerungsglas von 5 Dioptrien, 8. ein in eine Metallhülse gefaßtes Planglas, um durch Druck die Haut zu anämisieren. Er stellte die Anwendbarkeit der kapillaren Festigkeitsprobe als Kriterium auch für sehr niedrige Werte von C-Vitamin Unterernährung durch folgendes Verfahren fest: Zwei gesunde Menschen werden auf scorbutische Diät gesetzt. Wird die Dosis antiscorbutischen Saftes (ausgepreßter Saft gelber Mittelmeerapfelsinen) wochenlang niedrig gehalten, so sinkt die normale Festigkeit der Hautkapillaren auf ein niedriges Niveau und umgekehrt wird die alte Festigkeit wieder erreicht, wenn die Dosis antiscorbutischen Saftes wochenlang hochgehalten wurde.

Somit ist es also möglich, durch die kapillare Festigkeitsprobe auf indirektem Wege den aktuellen Vitamin C-Standard eines Individuums zu ermitteln.

Zusammenfassung.

Nachdem anfänglich auf die Anatomie und Physiologie der Kapillaren kurz eingegangen wurde, wurden dann die morphologische und morphogenetische Betrachtungsweise des Kapillarbildes geschildert. Hauptvertreter der beiden Richtungen sind O. Müller und W. Jaensch. Der erstere schließt aus der Form der Kapillaren auf deren Funktionszustand beim einzelnen Menschen und leitet aus bestimmten Kapillarformen den Begriff der „vasoneurotischen Diathese“ ab. W. Jaensch dagegen unterscheidet vor allem bei Kindern mehrere Entwicklungsstufen der Kapillaren und schließt aus dem Vorhandensein der einen oder andern auf einen stärkeren oder geringeren Grad von Entwicklungshemmung oder auf einen normalen Entwicklungsvorgang. Die rein morphologischen Untersuchungsmethoden konnten den klinischen Anforderungen nicht mehr allein genügen. Ueber die Funktion dieser Gefäße ist damit noch kein zureichendes Urteil möglich. Um in das funktionelle Geschehen der Kapillaren einen Einblick zu gewinnen, waren beson-

dere Methoden der Kapillarfunktionsprüfung notwendig. Von den bestehenden Methoden können dabei auf Grund der vorhandenen Literatur folgende Arten unterschieden werden:

1. Methoden zur Messung des Kapillardruckes.
2. Methoden zur Feststellung der Kapillarkontraktion und -dilatation.
3. Methoden zur Messung der Kapillarresistenz und Kapillarpermeabilität.

Bei den Kapillardruckmessungen unterscheidet man 3 Methoden, 2 indirekte (unblutige) und eine direkte (blutige). Die beiden ersten beruhen auf einer Komprimierung der Hautgefäße durch Glasplatten mit dazugehörigen Vorrichtungen für Belastung mit verschiedenen Gewichten oder durch elastische Membranen überzogene Kompressorien. Die beiden indirekten Methoden unterscheiden sich im wesentlichen dadurch, daß bei der einen aus der Aenderung der Hautfarbe bei Druck Schlüsse auf den Blutdruck in den Kapillaren gezogen werden; bei der andern geschieht die Kompression der Kapillaren unter mikroskopischer Kontrolle und manometrischer Messung des Druckes. Da mit der ersten Methode infolge ihrer mangelhaften Genauigkeit zu ungenaue Ergebnisse erzielt wurden, beruhen die meisten der heute gebräuchlichen Apparate auf dem Prinzip der Komprimierung durch Luft, oder Flüssigkeit, manometrischer Messung und mikroskopischer Betrachtung. Die größte Verbreitung fand der Apparat Kylins, dessen Prinzip in einem pneumatischen Druck auf die Fingerkuppe bis zum Verschwinden der Durchblutung besteht. Auf demselben Prinzip, lediglich mit gewissen Aenderungen, beruhen die Methoden von Rajka-Wessely-Török, Salvioli, Arnold und andere.

Die dritte, direkte, blutige Methode benutzt die Punktion einer Kapillare. Es wird unmittelbar in das Gefäß eine Kanüle eingeführt, die mit einem Manometer in Verbindung steht. Dabei ist der Druck maßgebend, bei welchem die Kapillarströmung die Wassersäule eines entsprechend hochgestellten Manometers eben im Gleichgewicht hält. Es konnte sogar mit einer derartigen Methode außer Kapillardruck das Druckgefälle in den einzelnen Kapillarabschnitten bestimmt werden.

Jedoch sind alle bis heute angewandten Methoden der Kapillardruckmessung keineswegs verläßlich. Das zeigen die abweichenden Werte, die von den einzelnen Forschern angegeben werden. Wie aus meiner Tabelle hervorgeht, schwanken sie zwischen 1,5 bis

70 mm Hg. Jede Methodik birgt noch eine Anzahl Mängel und Fehlerquellen in sich und liefert daher nur ungefähre Werte. Wir besitzen bisher noch keine Apparatur, mit der mit Bestimmtheit die Größe des Kapillardruckes anzugeben ist. Eine gewisse Bedeutung muß ihm jedoch beigelegt werden, da seine Höhe bei dem Flüssigkeitsaustausch zwischen Blut und Gewebe eine große Rolle spielt. Vor allem bestimmt das Verhältnis von Kapillardruck und kolloidosmotischem Druck des Blutes den Grad der Filtration von Flüssigkeit durch die Kapillarwand. Ein Mißverhältnis kann zu erhöhter Filtration oder zu erhöhter Aufsaugung führen.

Zur Bestimmung der Kapillarkontraktion und -dilatation wurden unterschieden:

1. Methoden zum Nachweis aktiver Kontraktion durch Pericyten.
2. Wirkung mechanischer, galvanischer und faradischer Reize.
3. Temperaturreize.
4. Chemische Reize.

Bevor eine aktive Kapillarkontraktion nachgewiesen war, gingen verschiedene Ansichten nebeneinander her. Die einen führten Kontraktionen auf kontraktile Elemente in den Kapillarwänden zurück, die anderen auf Verdickung der Endothelien durch Quellung und Flüssigkeitsaufnahme. Eine Klärung des Streitfalles trat erst ein seit den Untersuchungen von Rouget und S. Mayer, die auf Grund eingehender mikroskopischer Befunde eine genauere Darstellung der Struktur der Adventitia geben konnten. Dabei fanden sie in der Kapillarwand Zellen, die kontraktile Fähigkeiten besaßen und von ihnen „Rouget cells“ oder auch von Zimmermann „Pericyten“ genannt wurden. Weitere Beweise von dem Vorhandensein dieser Zellen lieferte Tannenberg, der dieselben durch bestimmte Färbemethoden am Dick- und Dünndarmmesenterium des Kaninchens nachwies, sowie Florey und Carlton, die durch Injektion von Farbstoffen eine gute Färbung der Angioepithelzelle und der Kerne der Zellen erzielten und auf diese Weise das Vorhandensein kontraktiler Zellen bei sämtlichen Säugetieren nachweisen konnten.

Eine weitere Methode zum Nachweis der aktiven Kapillarkontraktion und -dilatation bestand in mechanischer, galvanischer und faradischer Reizung. Sei es, daß die mechanische Reizung durch Bestreichen der Haut mit einem Instrument geschah, sei es durch Einstich feinster Nadeln oder durch physische Reize wie Lärm und Licht, die Ergebnisse blieben dieselben. Bei Bestreichen der Haut mit einem Instrument kam es zur Quaddelbildung mit Reflexerythem,

deren Größe vom ausgeübten Druck und Schnelligkeit der Druckänderung abhängig war. Physische Reize bewirkten zunächst eine Kontraktion der Wandung, die dann nach kurzer Zeit in eine Dilatation überging. Die Reaktion fiel aber bei Durchschneidung der sympathischen Nervenfasern aus (Axonreflex). Bei der Dilatation wurde die Oeffnung neuer Kapillaren beobachtet, die nach und nach stärker gefüllt wurden als die der unbeteiligten Umgebung. Faradischer Strom bewirkte Verengerungen des Lumens der Blutgefäße. Auch wurden Kernschwellung und Formveränderungen der adventitiellen Zellen festgestellt. Galvanischer Strom bewirkte je nach Reizstärke und Empfindlichkeit des Individuums eine Dermographia alba oder rubra, und nach längerer Einwirkung eine Dermographia elevata. Auch hier tritt in der Umgebung das nach R. Müller benannte Reflexerythem auf, das auf nervöse Erregungen zurückzuführen ist. Eine weitere Kapillarreaktion bei Reizung der hinteren Wurzeln (afferenten Bahnen) ist die sogenannte antidrome Kapillarerweiterung, die sich in einer starken Rötung der Haut des betreffenden Segmentes äußert. Eine Methodik, den Dermographismus zahlenmäßig zu erfassen, ersann Nothaas. Die Dilatation der Gefäße der Haut nach mechanischer Reizung tritt nach einer Latenzzeit auf und diese Latenzzeit nimmt er als Maß für die Reaktionsfähigkeit der Kapillaren. Dabei wurde kürzere Zeit bei herabgesetztem Grundumsatz festgestellt und eine längere bei pathologisch gesteigertem Grundumsatz. Der Apparat fand daher auch Anwendung zur Kontrolle der Grundumsatzbestimmung. Die meisten Reaktionen der Kapillaren, seien sie nun mechanischer, elektrischer, thermischer oder chemischer Art, kommen nach Auffassung von Lewis durch eine kapillarerweiternde Substanz zustande, welche ein Abbauprodukt des Eiweißstoffwechsels darstellt.

Weiteren Aufschluß über die Reizbarkeitsunterschiede geben uns die Temperatureinflüsse. Wärme steigert die vasomotorische Reaktion, Kälte verengert die Kapillaren, die sich dann nach längerer Einwirkung erweitern. Stärkere oder längere Frosteinwirkung führt zur Quaddel. Dabei wurde die menschliche Haut mit Wasser verschiedener Temperaturen behandelt oder die Abkühlung geschah durch Aufsetzen eines Metallstabes oder eines Strahles kalter Luft. Ebenso wurde die Wirkung fast sämtlicher chemischer Substanzen auf die Kapillaren untersucht, sei es Adrenalin, Histamin, Pituitrin, Cocain, Novocain usw. und Kontraktionen und Dilatationen damit erzeugt.

Zum Schluß meiner Ausführungen beschrieb ich die Methoden der Kapillarpermeabilität und -resistenzprüfung. Die Kapillarendothelien haben das Vermögen, den Stoffaustritt durch Permeabilitätsänderungen zu regulieren. Der Kapillarpermeabilitätsforschung am Menschen wurde ein großes Gebiet erschlossen durch Anwendung von kolloidalen Farbstoffen für solche Versuche. Wichtig ist vor allem das rasche Verschwinden hochmolekularer Farbstoffe aus der Blutbahn. Die Permeabilitätssteigerung wurde gleichfalls bei den verschiedenen Arten von Reizen beobachtet. Ebbecke und Lewis beobachteten bereits eine Durchlässigkeit der Kapillarwand für Farbstoffe. Hoff und Leuwer fanden einen erhöhten Durchtritt von intravenös injiziertem Korgorot, einem hochmolekularem Farbstoff, in Urticariaquaddeln. Andere beobachteten einen beschleunigten Austritt intravenös injizierter Farbstoffe bei Entzündung. Brickner benutzte kolloidale Kohle zur Feststellung der Verteilung auf die verschiedenen Gewebe. Weiterhin kann man zur Prüfung der Permeabilität Hautblasen durch Kantharidinpflaster erzeugen, deren Inhalt dann auf seinen Proteingehalt hin untersucht wird, dann mit dem des Blutstromes verglichen wird. Von der Widerstandsfähigkeit oder Kapillarresistenz hängt es ab, ob eine nennenswerte Flüssigkeitsmenge aus dem Blute in das Gewebe gepreßt werden kann.

Zur Prüfung der Kapillarresistenz dienen die Methoden nach Rumpel-Leede, die Saugglockenmethode nach Hecht und Silva-Mello, sowie die Bestimmung nach Göthlin. Nach Rumpel-Leede wird der Arm mit einer Riva-Rocci Manschette gestaut und nach deren Abnahme zählt man auf einer abgegrenzten Oberfläche die Blutpunkte. Die zweite Art beruht auf der Beobachtung der unter dem Einfluß einer genau meßbaren Luftverdünnung an umschriebenen Hautstellen auftretenden Reaktionen. Prinzip der Messung soll sein, festzustellen, bei welchem negativen Luftdruck unter einer Glasglocke eine Hautstelle sich eben zu röten beginnt oder aber eine Zusatzröte gegenüber der Umgebung auftritt. Dieser negative Druck ist dann ein Maß für den Widerstand, den noch ungefüllte Kleinstgefäße der betreffenden Hautstelle dem auf sie wirkenden Blutdruck entgegensetzen. Bei der Methodik von Göthlin wurden Drucke von 35—50 mm Hg gewählt und die Dauer der Druckwirkung auf 15 Minuten angesetzt. Die Apparatur für die Festigkeitsuntersuchung der Kapillaren setzt sich aus folgenden Hauptteilen zusammen: 1. ein Gummistempel mit Farbkissen, um

auf der Haut der Ellenbeuge durch einen farbigen Ring ein kreisförmiges Gebiet abzugrenzen, in dem die Kapillaruntersuchungen stattfinden sollen, 2. ein großer Gummiball, luftdicht mit seinem Ansatzstück verbunden, 3. ein Schraubenkompressorium, zwischen dessen beiden ebenen Metallscheiben der Gummiballon mit seinem größten Umfang Platz findet, 4. eine Gummimanschette für den Oberarm, 5. ein Quecksilbermanometer, 6. ein Y Rohr, 7. ein Vergrößerungsglas von 5 Dioptrien, 8. ein in eine Metallhülse gefaßtes Planglas, um durch Druck die Haut zu anämisieren. Weiterhin stellte er die Anwendbarkeit der Festigkeitsprobe auch für sehr niedrige Werte von C-Vitamin Unterernährung fest. Es wurde festgestellt, daß die ursprünglich normale Festigkeit der Hautkapillaren auf ein abnorm niedriges Niveau sank, wenn die Dosis antiscorbutischen Saftes wochenlang niedrig gehalten wurde, daß aber diese Veränderung der Festigkeit der Hautkapillaren reversibel war, so daß die Festigkeit gradweise wieder auf die normale Höhe stieg, wenn die Dosis antiscorbutischen Saftes während genügend langer Zeit hinreichend hochgehalten wurde. Somit ist es also möglich durch die kapillare Festigkeitsprobe auf indirektem Wege den aktuellen C-Vitamin Standard eines Individuums zu ermitteln.

Es sind so eine ganze Reihe von Methoden zur Kapillarfunktionsprüfung angegeben worden. Ein Fortschritt gegenüber den rein morphologischen Untersuchungen ist zu verzeichnen, da wir mehr Anhaltspunkte über das funktionelle Verhalten der Kapillaren erkennen. Aber ebenso, wie aus dem morphologischen Bilde irgendwelche Schlußfolgerungen nicht gezogen werden können, fast ebenso wechselnd ist auch noch das funktionelle Geschehen der Kapillaren. Die Methoden zur Messung von Funktionsunterschieden reichen noch nicht aus oder weisen noch Nachteile auf, und es ist daher notwendig, daß neue und bessere Methoden ausfindig gemacht werden.

Zum Schluß meiner Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Priv.-Dozent Dr. S. Bommer für die Ueberlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Arbeit meinen Dank auszusprechen.

Inhaltsverzeichnis.

Alessandri: Ueber den Einfluß des Acetylcholins und Histamins auf den Kapillardruck des Menschen. Arch. clin. med. Prado Tagle 2 Nr. 3 58—60, 1931 (spanisch).

Anochin: Ueber die Bedeutung des Blutdruckes für die aktiven Kontraktionen der Kapillargefäße. Pflügers Archiv 220 S. 410—23, 1928.

Ariola: Nuovo misuratore della pressione capillare. Rif. med. Jg 41 S. 314—16, 1925.

Arnold: Ueber eine Methode zur Bestimmung des Kapillardruckes und ihre Ergebnisse. Schweiz. med. Wo. 1931 Nr. 4 S. 85.

Basch: Kapillarresistenz. Z. Kinderheilk. 49, H. 4, 1930.

Basler: Untersuchungen über den Druck in den kleinsten Blutgefäßen der menschlichen Haut. Pflügers Archiv 147 S. 393, 1912.

Baumberger: Eine neue Methode zur Bestimmung des kapillaren Blutdruckes. J. Labor. a. clin. Med. 21 S. 179, 1935.

Behr: Ueber die Wirkung der Lokalanästhetika auf die kleinsten Gefäße. Dtsch. Z. Chir. 243, S. 550—559, 1934.

Bensley und Vimtrup: On the nature of the rouget cells of capil. Anat. record Bd. 39 Nr. 1 S. 37—55, 1928.

Bettmann: Zum Reaktionsmechanismus der Hautgefäße. Dtsch. med. Wo. 1929 I S. 474—77.

Bergfeld: Experimentelle Untersuchungen über die Kapillarresistenz junger, insbesondere frühgeborener Säuglinge. Monatszeitschrift für Kinderheilk. 51, 1931 S. 1.

Beuren et Prius: Examen de l'influence de la pression interne sur le diamètre des capillaires. Arch. néerland. de physiol. de l'homme et .... Bd, 11 H. 2 S. 200—214, 1926.

Beutel und O. Klein: Ueber den Nachweis von kapillarpermeabilitätssteigernden Stoffen im Blut nach Röntgenbestrahlung. Z. kl. Med. 123 S. 104, 1933.

Bock: Das periphere Gefäßsystem und seine Beeinflussung durch Organpräparate. Ztschr. f. d. ges. exp. Med. 55 H. 3—4 S. 423—436, 1927.

Brieger: Zur Anwendung der Kapillarmikr. nach Jaensch-Hoepfner-Wittneben. Kl. Wo. 1929 I S. 269—299.

Brickner: The role of the capillaries and their endothelium in the distribution of colloidal carbon by the blood stream. Proc. of the New York pathol. soc. 26 Nr. 6/8 1926.

Carbognin: Influenza dell'acido urico sulla permeabilità capillare. Boll. Ist. sieroter. Milan 10 S. 749—58, 1931.

Carrier et Rehberg: Capillary and venous pressure in man. Skand. Arch. f. physiol., 1922.
Castelloni: Le modeficatione del calibro dei capillari dorante l'azione di aleuni farmaci: Adrenalina, Atrophina, Philocarpina. Biochem. e terap. sperim. 14 H. 11 S. 359, 1927.
— Castellotti: La reazione dei capillari agli stimoli fisici: caldo, freddo, luca. Biochem. e terap. sperim. 16 S. 324—29, 1929.
Champy: Etude microscopique des effets vasculaires de l'adrénaline et des extraits de pancréas. C. r. soc. Biol. Paris 104 S. 961—963, 1930.
Clark, Eliot and E. L. Clark: The relation of „Rouget" cells to capillary contractility. Americ. journ. of anat. 35 Nr. 2 S. 265, 1925.
Conclin: The permeability of frog capil. to protein. Amer. J. Physiol. 112 S. 401, 1935.
Cornbleet and J. Klein: Capil. permeability disorders of the skin. Arch. of Dermatol. 26 S. 21, 1932.
Dalla Palma: J. capillari negli stati di ipotensione e di iposfigmia. Cuare 12 S. 649, 1928.
Da Silva-Mello: Die Wandresistenz der Blutkapillaren. (Eine einfache Methode zur genauen Messung.) Mü. med. Wo. 1929 I S. 1717.
Danzer and Hooker: Determination of the capil. blood pressure in man with the microcapillarytonometer. Amer. J. of physiol. 52 S. 136, 1920.
Dell'Aqua: Ueber Austauschvorgänge zwischen Blut und Gewebe. 4. Mitt. Die kapillarvenöse Differenz des NaCl Spiegels im Blute. Kl. Wo. 1929 II S. 1709.
Del Baere: Wasserverteilung zwischen Blut und Gewebe als eine Funktion des kolloidosmotischen Druckes im Blute und Kapillardruckes. Z. exp. Med. 78 S. 590, 1931.
Domenech: Les capillaires dans le choc histaminique. C. r. Soc. Biol. Paris 113, S. 329, 1933.
Duryee: Studies of human cap. Present day technique for the study of human capillaries Amer. J. med. Sci. 185 S. 664, 1933.
Ebbecke: Physiologie der Kapillaren. Naturwiss. 14 H. 48/49 S. 1131.
— und O. Müller: Physiologie und Pathologie der Kapillaren. Mü. med. Wo. 1926 II S. 1821.
Ellis and Weiß: The measurement of capillary pressure under natural conditions and after arteriolar dilatation. In normal subjects and in patients with arterial hypertension and with arteriosclerosis. J. clin. invest. 8 S. 47, 1929.
Feldberg: The action of histamin on the blood vessels of the rabbit. Journ. of physiol. 63 Nr. 3 S. 211, 1927.
Fischer, L.: Die Einwirkungen des Adrenalins auf die Kapillaren der menschlichen Körperoberfläche. Z. f. Biol. 86 S. 351, 1927.
— Druckveränderungen in den Kapillaren der menschlichen Haut unter Einwirkungen elektrosmotisch eingeführter Medikamente. Wirkung von Alkohol, Chinin und Atrophin. Z. f. Biol. 87 H. 3 S. 197, 1928.
— Ueber allgemeine örtliche Veränderungen am Kapillarsystem. Kl. Wo. 1931 II S. 1337.

Fischer-Wasels: Die funktionellen Störungen des peripheren Kreislaufs. Frankf. Z. Path. 45 S. 1—174, 1933.
Fleisch, A.: Der normale Blutdruck. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie 1927 S. 1292.
Field: The reactions of the blood capillaries of the frog and rat to mechanical and electrical stimulation. Skand. Arch. Physiol. 72 S. 175, 1935.
Florey: Capillary permeability. Journ. of physiol. 61 Nri. S. 1, 1926.
— Rouget cells and their funktion. Proc. of the roy. soc. Ser. B. 100 Nr. B 700 S. 23, 1926.
Froelich und E. Zak: Mikr. Studien am peripheren Kreislauf von Kalt- und Warmblütern. Z. f. d. ges. exp. Med. 42 H. 1—3 S. 41, 1924.
Frontali: La pressione capillare nell'età infantile e la sua importanza nella produzione delle emorragie capillari. Rio. di clinc. pediatr. 24 H. 1 S. 1—34, 1926.
Gänsslen: Der Einfluß veränderter Nahrung auf den peripheren Gefäßabschnitt. Kl. Wo. I S. 786, 1927.
Gerendasi: Zur Kritik der kap. mikr. Untersuchungsmethoden. Arch. für Psychiatrie 93 S. 591, 1931.
Geschwind und Henrik and Rundquist: Tests carried out on 200 persons with Göthlins method for determining the strengh of the skin capillaries and statistical treatment of the results. Upsala Läk. för Förh. N. F. 40 S. 403, 1935.
Göthlin: Methode zur Bestimmung der Festigkeit der Hautkapillaren und zu indirekter Beurteilung des individuellen C-Vitaminstandards. Kl. Wo. 1932 II S. 1469.
Grant and Jones: The effect of histamine and of local injury on the blood vessels of the frog: a vasodilatator substance in extracts of frog's skin. Heart 14 S. 339, 1929.
Grant and Bland: Observations on arterio-venous anastomoses in human skin and in the birds foot with special reference to the reactione to cold. Heart 15 S. 385, 1931.
Grün: Die Bestimmung des Druckes an den Hautgefäßen nach dem Verfahren von Herzog. Kl. Wo. 1931 I S. 798.
Guggenheimer: Ueber die gefäßerweiternde Wirkung kleiner Jod- und Brommengen. Dtsch. med. Wo. 1928 II S. 1959.
Guilleaume: Nouvelle méthode de mesure de la pressione capillaire Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. 91, 1924.
Harmer and Kenneth: Observations on the vascular reactions in man in response to histamine. Heart 13 Nr. 4 S. 381, 1926.
Hartmann, Frank, Evans, Walter: The action of epinephrin upon the capillaries and fibers of skeletal muscle. Amer. journ. of physiol. 85 Nr. 1 S. 91, 1928.
Hartmann, Frank, Evans: The control of capillaries of skeletal muscle. Amer. journ. physiol. 90 S. 668, 1929.
— The control of capillaries. Amer. journ. physiol. 90 S. 378, 1929.
Heimberger: Beiträge zur Physiologie der menschlichen Kapillaren. Z. f. d. ges. exp. Med. 46 H. 5—6 S. 519, 1925.

— Ueber der Kontraktilität der kleinsten Venen. Z. f. d. ges. exp. Med. 48 H. 1—2 S. 179, 1925.
— Beiträge zur Physiologie der menschlichen Kapillaren. III. Mittleres Verhalten auf Reize mit elektrischem Strom. Z. f. d. ges. exp. Med. 51 H. 1—2 S. 112, 1926.
— V. Mittlere Färbeversuche am Kapillarendothel und der Lymphräume des Papillarkörpers. Z. f. d. ges. exp. Med. 53 H. 1—2 S. 107, 1926.
— Kontraktile Funktion und anatomischer Bau der menschlichen Kapillaren. Z. f. wiss. Biol. Abt. B: Z. f. Zellf. u. mikr. Anat. 4 H. 4 S. 713, 1927.
— Ueber die Wirkung des Kampfers auf die peripheren Gefäße. Kl. Wo. 1929 II S. 2238.
— VI. Mitllere Gefäßnerven, sensorische Nerven und kleinste Gefäße. Z. f. d. ges. exp. Med. 73 S. 448, 1930.
— Experimentelle Untersuchungen über die Mikrokapillaren. Puls beim Normalen. Kl. Wo. 1925 II S. 2235.
Herzog: Die Rolle der Kapillaren bei der Blutstillung. Pflügers Arch. d. ges. Physiol. 207 H. 4 S. 476, 1925.
— Ueber Beziehungen zwischen Dilatation, Durchlässigkeit und Phagozythose an den Kapillaren der Froschzunge. Virch. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. 256 H. 1, 1925.
— Ueber den Blutdruck in den Hautgefäßen. Arch. klin. Med. 164 S. 108, 1929.
Hesselmann: Der Einfluß des Sympathicus auf den Gradienten der Permeabilität der Kapillaren. Z. Biol. 92 S. 287, 1932.
Hoff: Ueber Dermographia elevata. Z. f. d. ges. exp. Med. 57 H. 1—2 S. 253, 1927.
— Beeinflussung des menschlichen Gefäßsystems durch verschiedene Diätformen. Kl. Wo. 1936 I S. 733.
— Klinische Studien über dermographische Erscheinungen. Dtsch. Z. f. Nervenheilk. 33 S. 98, 1933—34.
— und Pichler: Experimentelle Studien zur Frage der peripherischen Gefäßregulation. Kl. Wo. 1935 I S. 51.
— und Leuwer: Experimentelle Untersuchungen über die Permeabilität beim Menschen. Z. f. d. ges. exp. Med. 51 H. 1—2 S. 1, 1926.
Horejsi und Aron: Cutanreaktion der Kapillaren auf Adrenalin und Histamin bei Kardiopathien. Z. f. d. ges. exp. Med. 99, 1936.
Jaensch: Die Hautkapillarmikroskopie.
Jürgensen: Mikrokapillarbeobachtungen und extrakardialer Kreislauf. Dtsch. Arch. f. Med. 144 S. 144, 1924.
Kahn und Pollack: Die aktive Verengerung des Lumens der Kapillaren Blutgefäße. Pflügers Arch. 226 S. 799, 1931.
Keßler: Ueber die Abhängigkeit der Kapillarfunktion vom Lebensalter. Z. f. Kreislauff. 25 S. 777, 1933.
Killian: Untersuchungen über die Wirkung von Adrenalin, Hypophysenextrakt und Histamin auf den Blutstrom in den kleinsten Gefäßen der Froschzunge. Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. 108 H. 5—6 S. 255, 1925.

Klein: Ueber die Beeinflussung der O_2 Abgabe in peripheren Gefäßgebieten durch normale, toxische und physikalische Einwirkungen. Z. f. d. ges. exp. Med. 73 S. 787, 1930.
— Ueber die Funktion der Kapillaren und ihre Störungen. Med. Klin. 1932 Nr. 39 S. 1359.
— und Spiegel: Ueber die Sauerstoffausnützung in der Peripherie bei verschiedenen Graden experimenteller Stase. Z. klin. Med. 127 S. 371, 1934.
Kobrak: Untersuchungen von Blutstromwiderständen im Kleinstgefäßsystem (Arteriolen, Kapillaren, Venolen) der menschlichen Haut). Z. f. klin. Med. 127 S. 514, 1934.
Krogh: Die Kapillarnerven und ihre reflektorische Erregbarkeit. Bibliothek f. Laeger 119 S. 831, 1927 (dänisch).
— Der Stoffaustausch durch die Kapillarwände. Kl. Wo. 1927 Nr. 17 S. 769.
— Anatomie und Physiologie der Kapillaren. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer.
v. Kries: Ueber den Druck in den Blutkapillaren der menschlichen Haut. Ber. d. sächs. Ges. d. Wissensch. Kl. 27 S. 149, 1875.
Kraus: Die Wirkung verschiedener Jodpräparate auf die peripheren Gefäße nach intraart. Injektion. Naunyn-Schmiedebergs Arch. 179 S. 537, 1935.
— Der Kapillardruck. Volkmanns Samml. Klin. Vorträge. Neue Folge. Inn. Med. Nr. 237—239.
Kylin: Klinische und experimentelle Studien über Hypertoniekrankheiten. Stockholm 1923.
Landis: The cap. pressure in frog mesentery as determined by microinjection methods. Amer. journ. of physiol. 75 Nr. 3 S. 548, 1926.
— Micro-injection studies of capillary permeab. Amer. journ. of physiol. 81 Nr. 1 S. 124, 1927.
— Micro-injektion studies of capillary blood pressure in human skin. Heart 15 S. 209, 1930.
— The capillary blood pressure in mammalian mesenterie determined by the micro-injection method. Amer. journ. of physiol. 93 S. 353, 1930.
— Cap. pressure and hyperaemia in muscle skin of the frog.. Amer. journ. of physiol. 98 S. 704, 1931.
Lange: Funktionsprüfung der Arterien mit einer kapillar-mikroskopischen Methode. Dtsch. Arch. f. klin. Med. 148 H. 1—2 S. 58, 1925.
— Die Gestalt der Blutcapillaren bei Hypertonie. Dtsch. Arch. f. klin. Med. 152 H. 5—6 S. 302, 1926.
— Neuere Anschauungen über die Funktion der Kapillaren und kleinsten Blutgefäße. Mü. med. Wo. 1926 Nr. 9 S. 389.
Lenaz: Blutdruck und Kapillarsystem. Kl. Wo. 1926 Nr. 23 S. 1028, 1926.
Lewis: The Sidney Ringer lecture on studies of cap. pulsation, with special reference to vasodilatation in aortic regurgitation. Brit. med. journ. Nr. 3304 S. 737, 1924.

— The force exerted by the minute vessels of the skin in contracting. Heart 11 Nr. 2 S. 109, 1924.
— Vascular reactions of the skin to injury. Heart 13 Nr. 1 S. 27, 1926.
— Observations relating to the tone of the minute vessels of the human skin; with remarks upon and illustrations of measurement of pressure within these vessels. Heart 14 S. 177. 1928.
— Die Blutgefäße der menschlichen Haut und ihr Verhalten gegen Reize. Autoris. Uebersetzung v. E. Schielf. Berlin: S. Karger 1928.
— Supplementary notes upon the reaction of the vessels of the human skin of cold. Heart 15 S. 351, 1931.
Liebe: Wirkung des Jodions auf die peripheren Hautgefäße. Naunyn-Schmiedebergs Arch. 171 S. 426 1933.
Liebesny: Untersuchungen über die Kapillare Druckmessung. Pflüg. Arch. f. d. ges. exp. Physiol. 198 S. 215, 1923.
Lombard: Der Blutdruck in den Kapillaren und kleinen Venen der menschlichen Haut. Zentralbl. f. Physiol. 25 S. 157, 1911.
Longo: Pharm. Beeinflussungn der Kapillaren Durchlässigkeit. Kl. Wo. 1929 I S. 1130.
Magnus: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Gefäßinnervierung. Arch. f. klin. Chir. 143 S. 574, 1926.
Martin and Miller: Cap. counts in resting and active muscles. Amer. journ. of physiol. 100 S. 407, 1932.
Meldolesi: Studio clinico della pressione capillare nei suoi rapporti con la pressione arteriosa e con la pressione venosa. Cuore e circolazione 10 H. 1 S. 20 und H. 2 S. 45, 1926.
Mengler: Die Prüfung der mechanischen Kap Resistenz der Haut bei hämorrhagischen Diathesen. Kl. Wo. 1930 Nr. 28 S. 1301.
Müller: O.: Die Kapillaren und ihre Krankheiten. Wiener med. Wo. 76 Nr. 14 S. 427 und Nr. 16 S. 485, 1926.
— Ueber den praktischen Wert der kapillaren Pathologie. 1930
— Die Jaensche und Müllersche Auffassung des kapillaren Bildes. Kl. Wo. 1930 S. 2389.
— Die Kapillaren der menschlichen Körperoberfläche in gesunden und kranken Tagen.
Musikantow: Zur Frage des Anilineinflusses auf die peripheren Gefäße. Z. eksper. Med. 1 H. 3 S. 153 1928 (russisch).
Nevermann: Kapillardruckmessungnen. Kl. Wo. 1924 Nr. 32 S. 1433.
Nesterow: Ueber Kontraktilität der Blutkapillaren beim Menschen. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 209 H. 4 S. 465, 1925.
Nothaas: Untersuchungen über das Verhalten der Kreislaufperipherie bei Gesunden und Kranken. Kl. Wo. 1936 Nr. 22 S. 778.
— Dermographismus und Inkretion. Kl. Wo. 1929 Nr. 18 S. 920.
— Hautkapillaren und arterieller Blutdruck. Kl. Wo. 1932 Nr. 31 S. 1304.
Natansow: Ueber das Verhalten des Kapillardrucks nach Massenumschnürungen. Inaug.-Diss. Königsberg 1866.
Okada: On the action of some drugs upon nthe arterioles and capillaris. Okayama-Igakkai-Zasshi 40 S. 205, 1928.

Ochiai: Vergleichende Studien über die pharmakologischen Reaktionen von Arterien, Venen und Kapillaren. Fol. pharmacol. jap 7 S. 19, 1928 (japanisch).
Paff: A quantitative study of the cap. supply in certain skeletal muscles. Anat. Rec. 46 S. 401, 1930.
Perry: Vital injection as a method for the study of capillary circulation. Skand. Arch. Physiol. 59 S. 67, 1930.
Petersen: The permeability of the skin capillaries in various clinical conditions. Arch. of inter. Med. 39 Nr. 1 S. 19, 1927.
— and Willis: Cap. permeability and the inflammatory of the skin in the normal person a determined by the blister. Arch. of inter. Med. 38 Nr. 5 S. 663, 1926.
Plenk: Anatomische Grundlagen der Kontraktionsfähigkeit der Kapillaren. Mü. Med. Wo. 1927 Nr. 47 S. 2042.
Prusik: Klinisch-experimentelle Untersuchungen über den Einfluß einiger Inkrete auf die peripheren Gefäße. Z. f. Kreislaufforschung 24 S. 529, 1932.
Rajka: Ueber das Verhalten des Kapillardruckes unter physiologischen und pathalogischen Verhältnissen, gemessen mit dem Török Rajka-Wesseleyschen Tonometer. Z. f. d. ges. exp. Med. 57 H. 1—2 S. 171 1927.
— Ueber das Messen des kapillaren Drucks an der menschlichen Haut mit dem Török-Rajka-Wesseleyschen Kapillartonometer. Z. f. d. ges. exp. Med. 48 H. 3—5 S. 570, 1926.
Reingold: Zur Frage über die Bedeutung des konstanten und pulsierenden Blutstromes für den peripheren Blutkreislauf. Zentralbl. f. inn. Med. 49 Nr. 65 S. 114, 1928.
Royers: Observations in vivo on the cap. in the greater omentum of the cat. Anat. Rec. 63 S. 193, 1935.
Ruhmann: Vergleichende Studien über örtliche Gefäßreaktionen auf Massage und auf kreislaufwirksame Gewebsstoffe. Z. f. d. ges. exp. Med. 85 S. 563, 1932.
Recklinghausen: Unblutige Blutdruckmessung. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 55 S. 463, 1906.
Roy and Brown: Neue Methode, den Blutdruck in den Kapillaren zu messen. Virch. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. S. 158, 1878.
Sacks: Observations upon the vascular reaction in man in response to infundin, with special reference to the behaviour of the cap. and venules. Heart 11 Nr. 4 S. 353, 1924.
Salvioli: Per un es atto apprezzamentno della pressione e della resistenza capillare. Minerva med. (Torino) 1931 I S. 565.
— Neue Richtungen im Studium der Kapillargefäße am lebenden Objekt. Mü. med. Wo. 1933 Nr. 24 S. 932.
Scheiner: Kapillare Reaktion im CO_2 Solbad. Kl. Wo. 1932 Nr. 11 S. 460.
Schneider: Die Wirkung von Hormonen auf den kapillaren Kreislauf unter möglichen physiologischen Bedingungen. Biochem. Z. 173 Heft 1—4 S. 111, 1926.

Schour: Untersuchungen über den Rumpel-Leedeschen Stauungsversuch, insbesondere bei inneren Erkrankungen. Kl. Wo. 1929 Nr. 5 S. 213.
da Silva-Mello: Die Wandresistenz der Blutkapillaren. Mü. med. Wo. 1929 Nr. 41 S. 1717.
Semerau-Siemiemowski: Influence de l'iode sur les vaisseaux capil. dans l'organisme humain. C. r. Soc. Biol. Paris, 100 S. 1156, 1929.
Strax and de Graff: A new method for clinical determination of human capillary tension. Heart 6 S. 807, 1931.
Tannenberg: Ueber die Kapillartätigkeit. Zentralbl. f. allg. Path. u. path. Anat. 36 Ergänzungsheft S. 374.
— Regulation und Störungen des peripheren Blutkreislaufs. Dermat. Wo. 1931 I S. 1581.
— Bau und Funktion der Kapillaren. Med. Kl. 1926 I S. 404.
Török, Rajka und Wesseley: Stauung, Kapillardruck und Exsudation. Dermat. Ztschr. 53 S. 628, 1928.
Vonwiller: Studien über die Permeabilität der Blutgefäße. I. Die Beeinflussung der Permeabilität der Blutkapillare durch Urethan bei Vitalfärbung mit Trypanblau. Schw. med. Wschr. 1933 II S. 877. — II. Die Beeinflussung der Permeabilität der Blutgefäße bei Vitalfärbung mit Trypanblau und mit Kongorot. Schw. med. Wschr. 1934 II S. 1050.
Volterra: Widerstandsfähigkeit der Kapillarwand und Kapillarblutungen. Neue anatomische Beobachtungen 1928.
— Sur le déterminisme des variations des calibre des capillaires. Arch. des mal. du coeur. des .... 20 Nr. 7, 1927.
Weil: Ueber die Reaktion der feinsten Hautgefäße gegen Kältereize. Z. klin. Med. 111 S. 742, 1929.
Weidenreich: Allg. Morph. des Gefäßsystems. Handbuch der ver. gleichenden Anatomie. Urban u. Schwarzenberg. Bd. 4, 1933.
Weiße: Beobachtungen und mikrophot. Darstellung der Hautkapillare am lebenden Menschen. Zentralbl. f. Physiol. 28 S. 375, 1914.
Wollheim: Zur Funktion des subpap. Gefäßplexus der Haut. Kl. Wo. 1927 Nr. 45 S. 2134.
— Ueber Probleme der Physiologie und der Pathalogie der Kapillare. Z. f. Augenheilk. 74 S. 24, 1931.
Wright: Human cap. in health and in desease. Arch. int. Med. 52 S. 545, 1939.
Zweifach: A micro-manipulation study of blood capillaries. Anat. Rec. 59 S. 83, 1934.

Lebenslauf.

Ich, Walter Marx, wurde am 22. August 1909 zu Minden (Westf.) geboren. Nach vierjähriger Volksschulzeit besuchte ich das Realgymnasium zu Lippstadt (Westf.), wo ich am 13. März 1930 meine Reifeprüfung bestand. Nach halbjähriger praktischer Tätigkeit im Baugewerbe kam ich Herbst 1930 auf die Technische Hochschule in Charlottenburg. Nach zweisemestrigem Studium des Bauingenieurwesens gab ich wegen der damaligen schlechten wirtschaftlichen Verhältnisse das Studium auf und studierte Zahnheilkunde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Meine zahnärztliche Vorprüfung bestand ich Herbst 1933 und erlangte am 28. Mai 1936 in Berlin meine Approbation als Zahnarzt.